

## 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 -

谷 英明、谷口 幸治  
(株) デジタル・ビジョン・ラボラトリーズ

本論文では、情報商品の品質を損なわない HD (= High Definition) マルチメディア配送系への要求条件を整理し、配送経路上に沿ってリンク結合された転送ノードの協調連係により、ネットワークや送受信/中継ノードのリソース状況に応じて品質制御や経路構成最適化を行う End-to-End QoS 制御機構を提案する。また、提案方式にストリーム配送制御実証システムの開発状況について報告する。

### 1. はじめに

筆者らは、21 世紀初頭のマルチメディア情報ネットワーク環境を想定し、その中での情報商品流通活動を支えるミドルウェア機能の研究開発を進めている。このネットワーク環境は広帯域で柔軟な伝送インフラストラクチャと、ネットワーク上の商活動に伴う様々な情報通信手続きを支援するミドルウェアによって支えられ、誰でも簡単にマルチメディアタイトルや個人出版物などの知的情報商品を売買することができる[1,2]。

本稿では、このミドルウェアの一部として利用者間でマルチメディアデータを輸送するデータ配送系への要求項目を整理したのち、それらを満足するデータストリーム配送制御メカニズムを提案する。また、本提案方式の検証を目的として筆者らが構築を進めている実験システムの構成ならびに開発状況を述べる。

### 2. HD 情報商品流通ネットワーク

#### 2.1 システムイメージ

筆者らが想定している情報商品流通ネットワークのシステムイメージを図 1 に示す。システムは各利用者の宅内/企業内 LAN と、それらを

相互接続するグローバル WAN からなり、WAN の伝送ネットワークは光ファイバ網、双方向ケーブル網、衛星網、小ゾーン無線網などからなる複合ネットワークで、数 Mbps~数 Gbps のアクセスを提供する。

宅内ネットワークは Ethernet や IEEE1394 バスのような媒体で構成されたもので、100Mbps~数 Gbps の帯域を持ち、これに数多くの個人端末、TV セット、家電品が接続される。これらの機器のアドレス管理や宅内ファイルサーバ機能、対外ホームページ揭示機能、および、ゲートウェイ機能を併せ持ったサーバ装置を筆者らは HIS (Home Information Server) と呼んでいる。

システムを構成するサーバ、端末、宅内ネットワーク等の機器要素は、利用目的・形態、同時利用者の数、取り扱われる情報の大きさや重要度、等々に応じて自由に選択されるため、伝送帯域や処理能力といった点で、その能力的な違いは現行よりもはるかに大きい。

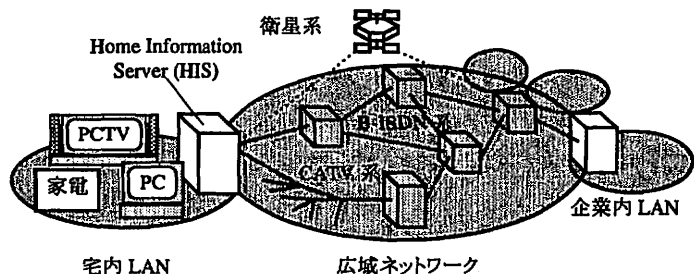


図1. システムイメージ

HD Multimedia Delivery System  
- End-to-End QoS Control by Linked  
Cooperative Nodes -, Hideaki Tani  
and Koji Taniguchi, Digital Vision  
Laboratories, {tani, tanig}@dvl.co.jp

## 2.2 HD 情報商品の流通

ネットワーク上の取引に必要な個人認証や購入確証に関連した機能は本稿の範囲外であり、以下では言及しない。

マルチメディア情報ネットワークで売買される情報商品には娯楽映画タイトル、芸術作品データをはじめ、ニュース速報、天気予報、株式市況、雑誌、書籍、ゲームまたは機能的なコンピュータプログラムなどが含まれる。各々の商品はその内容自身に「美しさ」「新鮮さ」「臨場感」「インタラクティブネス」「情報の深さ・奥行き(表面には現れないがリンク等で参照できる補足情報の範囲が広い)」といった魅力(商品価値)を有する。

情報商品の「美しさ」「臨場感」については、本稿表題にも挙げた HD(=High Definition)がひとつの基準であるが、情報作成者の思い入れによっては、より高い空間解像度(例えば 4,000×4,000 画素)や時間解像度(秒 100~200 フレームの高速撮影)、あるいは 3-D 表現が選ばれる。今後のデジタル処理技術の発展がそうした画像のリアルタイム処理を可能にするに違いない。

現行のインターネットでも見られるように、ネットワーク機能は情報商品の「速さ」「発展性」を強化し、その商品価値を高める可能性を持つ。しかし、上述のようなマルチメディア情報商品ビジネスでネットワークが用いられるためには、ネットワーク配送において商品の持つ魅力を損なわないことが必要不可欠である。

## 3. データ配送系の機能要件

上述のような非均質のネットワークで、多様な品質レベルのマルチメディアデータを配送するミドルウェア機能への要件について考察する。

### 3.1 転送サービスの QoS

情報商品として配送されるデータは数分から数十分以上の継続時間を持つ時系列ストリーム

が主体となることは疑いなく、これが前述のように作成者の意図により時空間解像度が選択される事を考えると、このデータは可変レートでかつスケラブルな符号を用いて符号化伝送されるケースが主流になるものと予想される。加えて、伝送路帯域や送受信ノードの処理能力の違いだけでなく、情報消費者の受信姿勢(e.g.没頭するか、「ながら」視聴か)によって情報の表示品質を選択するインタラクティブ性の要求から、データストリームの転送系に関連する資源の擾乱に動的に対応できる、End-to-End の高精度な QoS 管理機能が必要になる。

映像や音声の転送に関連した QoS 制御方式の研究は、マルチメディア・コンピューティングやインターネット放送のニーズを反映し、近年盛んに行われており、概念的整理も進み、数多くの制御方法が提案されている。QoS 制御の目的は、従来の処理系において品質要求の異なる様々なタスクを順次公平に多重処理していたのに対し、より明示的にタスクを識別し、それぞれの品質要求を反映させた優先処理を行うものである。

一般的にコンピュータ側からのアプローチでは、アプリケーションに対してインフラサービスの QoS 保証を志向するのに対し、通信システムでは QoS 保証はしばしば高いコストを伴うので、ATM-Forum UNI4.0 の ABR クラスのように「要求をできるだけ反映する」といったネゴシエーション的なアプローチが主流となっている[3,4]。

### 3.2 End-to-End QoS 管理の制御モデル

本稿の検討対象である End-to-End QoS 制御の基本モデルは、データ受信端において受信イベントの観察結果から網・マシン負荷の推定し、転送制御動作へフィードバックを与えるものである[5]。本稿ではひとつのストリーム転送を集中的に管理する機能を QoS マネージャと呼ぶことにする。QoS マネージャを仮定するとストリーム配送系

の制御モデルには Manager-Agent 関係の管理制御モデルを適用することができる。この場合、各ノードの転送動作パラメータ(例えば、送出レートや許容バッファリング遅延など)は管理情報ベース(MIB)の形で表現できる[9]。

本稿で対象としているストリーム転送では、1) 転送要求発生ごとに形成される、ネットワークメインを越えた End-to-End 範囲にわたってこの MIB 操作を実現すること、2) 転送継続中でのユーザアプリケーションからの操作要求に対応すること、3) 不当なアクセスを排除できること、などの要件が挙げられる。

### 3.3 中継ノードの活用

ネットワークを介したデータストリーム転送の QoS 制御を実現する上では、送受信両端での QoS 制御(QoS 要求へのアダプテーション処理)に加え、ストリーム中継段における QoS 制御機能が重要になってくる。中継ノード処理の効用についてはこれまで、RSVP を用いたパケット中継転送の優先処理[9]や、バッファリングによるジッタ吸収処理、デッドライン処理[6]による選択的廃棄などが提案されてきた。筆者らはこうしたネットワーク層処理に加え、キャッシュ蓄積やデータ変換を行う上位層機能を活用した汎用のストリーム中継ノードの設置が有効と考えている。

このような中継ノードを End-to-End QoS 制御と連携させることにより、以下のようなサービス高度化が可能になり、HD マルチメディアストリームをネットワークワイドで支援する機能の一部となる。

- 中継ストリームデータを蓄積再利用する、並列ストリームキャッシング
- 速度差を与えた中継転送による小規模サーバの早期解放[2]
- アドレス変換、データ変換
- 予測ベースのストリームプリフェッチ

中継ノードにおける上位層処理は全体のスループットを低下させる原因となるので対処が必要である。IFMP において、連続的な IP パケットストリームを低位層(AAL 層)へ半固定的に割り付けて中継処理を簡略化する仕組みを用いられているが[9]、この機構を上位層にも適用し、特別な QoS 処理を要求しないストリームに関する中継処理オーバーヘッドを軽減することが可能である。

こうした中継機能を実現するノードの例としては、前述の HIS や、中継処理専用サーバ(貨物輸送の中継基地のようなもの)が挙げられる。

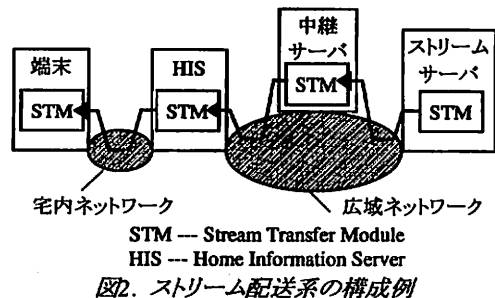
## 4. ストリーム転送システムの実現

本章では、これまでに挙げた要件を満たすストリーム配送制御メカニズムを提案する。

### 4.1 システム構成

まず、提案方式によるストリーム配送系の構成の一例を図 2 に示す。この例では広域ネットワークに接続されるストリームサーバから送出されるデータストリームが、同じ広域ネットワークに接続される中継サーバと、受信者宅内の HIS で中継された後、端末へ転送される。各転送ノードには、このストリーム転送を扱う転送モジュール(STM: Stream Transfer Module)が生成され、これらの STM の間では制御メッセージ通信が行われる。

本システムにおけるストリーム送信/中継/受信の処理は基本的にアプリケーション層で行われるので、データ転送プロトコルはネットワークイ



ンフラに応じて選択できる。中継ノードではその中継処理のレベルに応じた処理の省略を行う。

STM は図 3 に示すように制御部とデータ転送部からなり、通信インタフェースを介して隣接するノードと接続する。データ転送部はネットワーク入出力機能のほか、送受信ノードではファイル/デバイスとの入出力機能を含み、制御部からの指令に従って動作する。

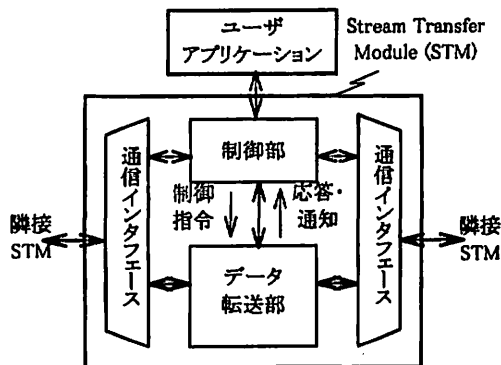


図3. 転送モジュール(STM)の機能構成

STM の制御部では、ストリームデータ転送を構成するための、隣接する STM やアプリケーションとの接続関係を表す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。STM は同一の物理ノードに複数存在しうるので、相互を識別するため、生成時にストリーム識別子が与えられる。

表 1 は、転送制御テーブルの設定例を示したもので、この STM (M2 とする) は M1 および M3 を隣接 STM として、入来するデータストリームを他方へ送出すること、また、ユーザアプリケーション P1 および P2 が接続されていることを表している。この転送制御テーブルはデータストリーム本体の転送と制御メッセージの転送の両方に用いられるもので、制御メッセージの場合は隣接 STM に加えて、この STM に接続されたユーザアプリケーションへも転送される。以下、ストリーム転送の手順に沿って説明する。制御メッセージの一覧は付録を参照のこと。

表1. 転送制御テーブルの設定の例

STM 名	入方路	出方路	アプリケーション
M2	M1	M3	P1, P2
	M3	M1	

## 4.2 ストリーム転送経路の設定

ひとつ通信ノード上には STM 生成デーモンが常駐し、アプリケーションまたは隣接 STM の制御部からの要求に応じて STM を生成し、ストリーム識別子が割り当てられる。この時点で転送制御テーブルには生成要求元のアプリケーションまたは隣接 STM の識別子が書き込まれる。転送経路の設定には以下の制御メッセージが用いられる。

- `add_node` <STM 識別子>  
-- 転送制御テーブルへの隣接 STM 登録
- `expand` <ノード識別子> --- リンクの延伸

`add_node` メッセージを受けた STM は自己の転送制御テーブルの隣接 STM の欄に与えられた STM 識別子を登録する。また `expand` メッセージを受けた STM は、指定されたネットワークノードの STM 生成デーモンに対して STM の生成を要求する。これらのメッセージを繰り返すことにより、ストリーム送信ノードから受信ノードへ至る転送経路が設定される。

この経路設定手順はストリームデータの送出側からでも、受信側からでも開始することができる。また STM 生成デーモンのストリーム識別子一致機能により両側から延伸したリンクを途中ノードで結合させることもできるので、オン・デマンド型、予約型、放送型のいずれのストリーム配信形態においても利用することができる。

## 4.3 アプリケーションの接続

ユーザアプリケーションは、次の制御メッセージによりストリーム転送に関わることができる。

- `add_app` <アプリケーション識別子> <ストリーム識別子> --- アプリケーションの接続

STM の制御部はこのメッセージのストリーム識別子と自己の保持するストリーム識別子とを比較して正当なアクセスかどうかを判定し、一致していれば転送制御テーブルに与えられたアプリケーション識別子を登録する。パブリックな放送型のストリームであれば well-known なストリーム識別子が、プライベートなストリームであれば例えば暗号化されたストリーム識別子が利用される。

#### 4.4 マスタ STM

ストリーム転送経路を構成する一連の STM の中で、ひとつの STM が QoS マネージャの役割を持つマスタとしてストリーム転送処理全体を管理し、他のノードはこのマスタ STM からの制御指令に従うスレーブとして動作する。ストリームに接続されたアプリケーションから制御メッセージが与えられた場合、その内容がストリーム転送処理動作を変更するものであれば、そのメッセージはまずマスタ STM へ転送される。また、その内容がストリーム転送の状況問い合わせなど、転送処理動作を変更しないものであれば、マスタ STM への転送は必要とせず直接処理される。なおマスタ STM は、master メッセージを用いてその役割を他の STM へ委譲することができる。

#### 4.5 データ転送の開始

上記の手順でストリーム転送系に接続されたユーザアプリケーションから STM 制御部へ、QoS 要求を含む転送要求が渡される。QoS 要求の記述形式についてはこれまでも指摘されたように [7,8]、低位層処理の詳細なパラメータを隠蔽した QoS クラス指定が有効と筆者らは考えるが、具体的な API のセマンティクスは現在検討中である。以下、ユーザアプリケーションからの QoS 要求はスタブで具体的な制御パラメータの値に翻訳され、STM 制御部に渡されたものとして説明を続ける。

QoS パラメータはマスタ STM に渡される。マ

スタ STM はこの指定された値に基づき、set\_qos メッセージを用いて各ノードの動作パラメータを設定する。一方、送出ノードの STM (片方または両方の端点) へ start メッセージが渡されると、データストリームの転送が開始される。

転送データが終了するか、ユーザアプリケーションから stop メッセージが与えられたら、remove\_node や remove\_app のメッセージを用いてデータ転送経路上の STM を解放する。

#### 4.6 ストリームの QoS 監視制御

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へ get\_qos メッセージを送り、転送状況を収集する。QoS 状態を監視制御するための get\_qos および set\_qos メッセージは単一のノードを対象とするほか、同報や回覧の形態で用い、オーバーヘッドを節約することもできる。

このようにマスタ STM へ集められたストリーム転送状況が与えられた条件を満たさない場合には、指定された処置方法に基づき、set\_qos メッセージを用いて画質選択やパケットフィルタ条件などのパラメータを変更したり、remove\_node メッセージ、add\_node メッセージ、extend メッセージを用いて転送経路構成の変更を行う。転送経路構成を変更する際にマスタ STM 自身がストリーム転送経路から外れる場合には、master メッセージを用いてマスタの役割を他の STM へ委譲する。

### 5. 評価実験システム

#### 5.1 システム構成

以上述べた提案方式の実現性ならびに実用性検証のために現在構築を進めている実験システムの構成を図 4 に示す。本システムは、広域ネットワークを模擬する ATM-LAN ドメインと、宅内ネットワークを模擬する Ethernet100BASE-T ドメインからなり、両者の間はゲートウェイ・ルータ機能を搭載した HIS ノードにより接続される。ATM-

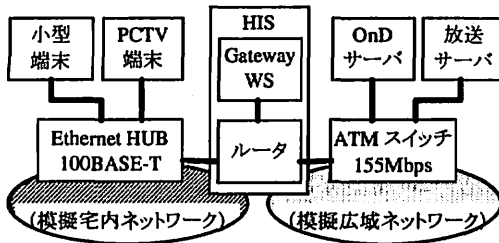


図4. 実験評価システムの構成

LAN 側には大容量蓄積装置を持つサーバが 2 台接続され、一方は放送型、他方はオン・デマンド型のマルチメディアストリーム送出を行う。一方、宅内ネットワークには大画面ディスプレイを持つ PC+TV 融合型端末と小型端末とが接続される。

ストリームデータおよび制御データの転送には UDP/IP を用い、データ順序確認のための RTP ヘッダを挿入する。また STM の識別子は IP アドレスとポート番号の組みを用いる。

サーバから宅内端末へ送出されるデータストリームを中継する HIS には STM プロセスが配備され、End-to-End QoS 制御系の一部として動作する。データストリームの形式については、最初の基本動作確認段階では処理デバイス・コンテンツともに入手が容易な MPEG2-TS を用い、次いで HD クオリティへ機能拡張を行う予定である。

## 6. おわりに

本稿では、近未来の情報商品流通ネットワークにおけるストリーム転送系に求められる要件を整理し、それらを満足するシステムを実現するためのメカニズムとして、リンク結合による End-to-End QoS 管理プロトコルを提案し、方式検証のための実験システムの概要を紹介した。今後は、実証実験を進めるほか、本稿で述べた要件の実現する具体的な MIB や制御ロジックの開発を進め、実用性の高いシステムの構築を図っていく。

謝辞 本検討にあたり熱心にご討論頂いた五十嵐部長をはじめ当研究所諸氏に深謝致します。

## 参考文献

- [1] 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」,情処第 52 回全大,1996.3.
- [2] 谷,「同-スケーラブルなマルチメディアデータ配送-」情処第 52 回全大,1996.3.
- [3] ATM UNI4.0, af-sig-0061.000, ATM-Forum, 1996.7.
- [4] 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.
- [5] Campbell,A.et al.,「End-to-End QoS Management for Adaptive Video Flows」,SMCVC'95, 1995.10.
- [6] 桑泉寺他,「インターネットにおける実時間配信プロトコル RSTP と...」,同シンポ,pp.9-14,1996.6.
- [7] 柴田他,「分散マルチメディアシステムにおける QoS 機能」,情処論 vol.37,No.5,pp.731-740,1996.5.
- [8] 奥他,「分散型マルチメディアシステム Symphony...」,信学論 J79-B-I, No.5, pp.329-337, 1996.5.
- [9] RFC-1953 (IFMP), RFC-1907 (SNMPv2-MIB), draft-ietf-rsvp-spec-10.txt (RSVP).

## 付録 A 制御メッセージの形式

送信ノード 識別子	宛先ノード 識別子	ストリーム 識別子	メッセージ 識別子	添付 パラメータ
--------------	--------------	--------------	--------------	-------------

図 A-1. 制御メッセージの形式

## 付録 B 制御メッセージの一覧

表 B-1. 制御メッセージの構成

メッセージ名	略号の例	添付される パラメータ
ストリーム ID 設定	set_id	ストリーム ID
マスタ委譲	master	STM-ID
ノード接続延長	extend	STM-ID
隣接 STM 接続	add_node	STM-ID
隣接 STM 削除	remove_node	STM-ID
App 接続	add_app	App-ID, ストリーム ID
App 削除	remove_app	App-ID, ストリーム ID
QoS パラメータ獲得	get_qos	QoS 条件 ID
QoS パラメータ設定	set_qos	QoS 条件 ID、設定値、非正常時の処理方法の ID
転送開始	start	(なし)
転送中断	stop	(なし)
統計データ獲得	get_stat	統計データ ID
転送制御パラメータ獲得	get_param	転送制御パラメータ ID
転送制御パラメータ設定	set_param	転送制御パラメータ ID、設定値
応答	ack	コマンド ID、Result
通知	notify	通知事項 ID、通知内容
回覧	poll	回覧事項 ID、途中ノードでの記入値