

## HD マルチメディア配送システム

- 動的 QoS 制御メカニズム -

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)レベルの空間情報量をはじめとするプレゼンテーション能力の高い複合メディアストリームを安定して配送する機能が要求されるが、理想的な帯域環境のネットワークインフラが達成されるまでの間は、ネットワーク/ホスト資源状況やユーザ要求に応じて複合ストリームのサブセットを選択するスケーラブル配送への期待が大きい。本論文では、縦列リンク結合型ストリーム転送系における End-to-End QoS 管理制御の要件を整理したのち、集中制御型トポロジと状態判断フィルタ機能を特徴とする QoS 管理制御メカニズムを提案する。また、提案方式の実現性ならびに有効性の実証を目的としたプロトタイプ実験の状況を報告する。

## HD Quality Multimedia Stream Delivery System

- The Dynamic QoS Control Mechanism for Multimedia Streams -

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

The multimedia application platform in the next decade will be required to deliver high quality multimedia streams in a stable manner which possess high presentation ability such as HD (High Definition) spatial resolution. Before such rich network infrastructure has been widely implemented, scalable stream delivery systems are strongly demanded in which a meaningful subset of the high quality complex stream are selected to deliver to the terminals according to the users requests and the resource availability. This paper summarizes requirements for achieving an end-to-end Quality-of-Service (QoS) management, and proposes a solution for them which features a functionally centralized configuration and has a status assessment function. The paper also reports the current status of verification experiments of the proposed mechanism being continued by the authors.

## 1. はじめに

筆者らは、21世紀初頭における広帯域グローバルネットワーク上のマルチメディア情報流通システムを想定し、その下支えとなるストリーム転送プラットフォーム機能のうち、特に End-to-End QoS 管理制御方式の研究開発を進めている<sup>[1-5]</sup>。先の報告では、リンク型ノード結合トポロジと制御バス共有モデルを特徴とした柔軟性の高いストリーム転送系アーキテクチャを提案した<sup>[4]</sup>。

次世代マルチメディア情報流通システムでは、現行 TV 相当の SD 品質から、極めて高精細な HD 品質に至るマルチメディアコンテンツを数本~数十本組み合わせた複合ストリームがネットワーク上に配送され、利用者側のネットワーク/端末規模、関心などに応じた品質へと柔軟にスケールアップされた形で視聴されることが予想される。

本報告では、筆者らの提案したストリーム転送方式における End-to-End QoS の管理制御メカニズムの動作原理およびプロトタイプ実験結果について紹介する。

## 2. 技術課題

### 2.1 次世代の HD マルチメディア配送

本稿で対象とする次世代の HD マルチメディア情報を表す一例として、新型車の販売促進プレゼンテーションビデオを想定してみる(図 1)。

このビデオは主映像ストリームとして、ドライバの視点から見た車の外観、内装、社外風景など

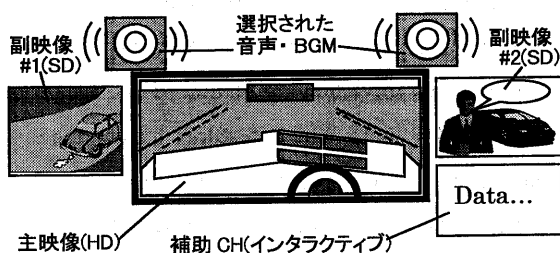


図 1. HD マルチメディア情報の例(新車情報)

が提示される。この画像は HD 画質により細部まで美しく表現されるとともに、端末機能が許せば、3-D 表現による仮想現実的なプレゼンテーションを提示する。なおナレーションが多国語対応であることは言うまでもない。

この主映像に付随する副次的な画像では、海岸線を走る画像や、主画面と同期した、有識者やマニアの「うんちく」、さらに、オーナーの感想ビデオやインタラクティブチャンネルなどが取り揃えられ、端末に多チャンネル表示機能があれば、これらをいくつも同時表示することもできる。

このように、HD マルチメディア情報は、現行メディアのプレゼンテーション能力を利用者の要求に合わせてあらゆる方向に進化させたものであり、時空間解像度、画素(サンプル)情報量といった基本的な品質属性だけでなく、3-D 画像やマルチチャンネルストリームを含み、ユーザ端末からの要求に応じ(オン・デマンド型)、または、プッシュ型配信サーバから同報的に配送される。

筆者らは、こうしたマルチメディア構造に加え、コンテンツの著作権情報、課金制御情報、蓄積管理情報、検索性補助情報などを組み合わせてカプセル化した複合データを「情報パッケージ」と称し、そのフォーマット定義を進めている<sup>[6]</sup>。

### 2.2 複合ストリームと動的 QoS 制御

上述のような複合ストリームの情報容量は全体で数 10~数 100 Mbps となることが予想され、これを漏れなく再現する環境は当面、次世代 DVD を用いたローカル再生環境や高速 LAN 環境に限定される。広域ネットワーク中の HD マルチメディア情報を次々に視聴できるだけのインフラが広範囲に整備されるまでの現実的手段として、その状況で利用可能なネットワーク資源に対して適応的にストリーム転送量を加減するスケラブル転送実現への期待が高く、方式開発への研究開発が盛んに行われている<sup>[7,8]</sup>。

これまでの研究開発では、主として単一の音声や映像など固定帯域 (CBR: Constant Bit Rate) のストリームを対象とし、転送開始時に決定された転送品質を保証する QoS 可視 (-aware) なプラットフォームの実現を目指し、資源管理制御メカニズムの開発が主流であった<sup>[9]</sup>。しかし、次世代のネットワーク環境では前述のように複数のストリームを束ねた複合ストリームが利用され、転送中においてもシーンの展開や利用者の操作に応じた大きな帯域変動が頻繁に発生することや、さらには過渡期の混在したインフラ状態を考えると、上述の QoS 保証型インフラやそうでない Best-Effort 型インフラが混在する系の上に、ストリームの End-to-End QoS を監視し、動的に適応化制御を行うミドルウェア層が必要になる。

### 2.3 HD マルチメディア配送系

筆者らが提案したストリーム配送系の構成は、図 2 に示す通り、ネットワークで接続された通信ノード上に配置される一連の転送制御モジュール (STM: Stream Transfer Module) およびアプリケーションモジュール (Appl) からなる。各 STM はストリーム配送経路に沿った隣接 STM とリンク結合するとともに Appl モジュールを接続する。STM 間の協調動作により、この多段リンクをストリーム配送系全体にわたる論理的な制御バスとして利用する<sup>[1,2]</sup>。

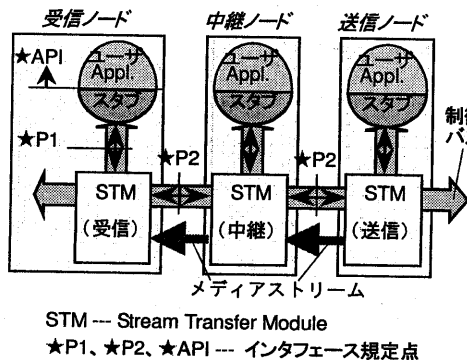


図 2. ストリーム転送系の構成

## 3. HD マルチメディア配送系における QoS 自律管理

### 3.1 End-to-End QoS 管理のメカニズム

本ストリーム転送系では、ひとつのストリーム転送に関わる一連の STM および Appl モジュールのうちの一つが、転送系全体を管理する役割を担うマスタ STM となり、集中制御的なストリーム管理を実行する。ユーザ Appl からストリーム QoS 要求はスタブの機能によりこのマスタ STM へ伝達される。マスタ STM は、こうした QoS 要求入力からストリーム管理の制約条件 (目標スループット、許容遅延/エラー頻度など) を設定し、これをもとに各 STM に対応した詳細な動作パラメータを選択し、制御コマンドの形で伝達する。

マスタ STM が保持するストリーム制御モデルを図 3 に示す。図に示すように、本状態モデル上では STM 単位ではなく、STM 内に配備される、ストリーム受信、送信、バッファリング、フィルタリング、分岐などのストリーム処理モジュールを被管理オブジェクト (MO: Managed Object) として管理を行う。

### 3.2 QoS 制御動作

ストリーム転送系の STM に含まれる各々の処理モジュールは、マスタ STM から指定された周期毎に、スループット低下量、バッファ水位、遅延量、ジッタ、エラー発生率など、ストリーム転送動作の「困難さ」を示す統計量を算出し、これを正

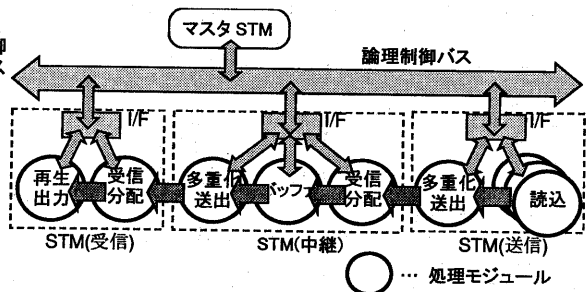


図 3. ストリーム管理系の制御モデル

規化してマスタ STM へ通知する。これらの値は各モジュールが置かれるノードの負荷量や隣接 STM との間の回線上の負荷量を反映している。

マスタ STM は各モジュールから上げられる通知メッセージに対して図 4 に示すような状態判断フィルタを設置し、メッセージから得られた統計量を図中左側より入力し、レジスタを1段シフトする。状態判断フィルタの演算係数は対象となる処理モジュールのタイプ毎に定義される。一般的には、緊急のイベントに対して敏感に、不急のイベントに対して慎重に(長期間継続した場合に)異常状態と判断するような係数( $a_n$ )値が設定される。

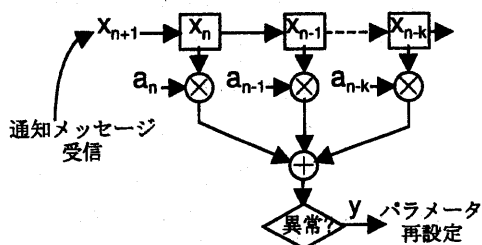


図 4. 状態判断フィルタの構成

### 3.3 複合ストリームの適応フィルタリング

スケーラブルな転送動作に適した HD マルチメディアストリームのフォーマットに関し、筆者らはさきに、ストリーム中の情報の優先度を示すタグ情報を挿入し、転送段におけるフレーム間引きなどのシェーピングが容易となるように改良したフォーマットおよびシェーピングメカニズムを提案した<sup>[5]</sup>(図 5)。複数の AV ストリームを束ねた複合ストリームに対しては、マスタ STM から、副映像よりも

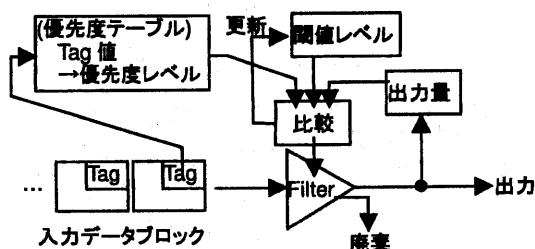


図 5. ストリームシェーピングの動作

主映像を、予測フレームよりも独立フレームを優先とした優先度テーブルを設定することにより要求に応じた優先順位による適応的なサブストリーム/フレーム間引きを実現する。

ストリーム分岐を含むマルチキャスト配送の際には、ストリームを分岐する中継ノードにおいて、分岐後の出力ストリームごとにマスタ STM を設置して QoS 管理を行う。この場合の、分岐モジュールの上流側のストリームについては、下流側のストリームの「論理和」を配信することになる。

### 3.4 バッファリングの QoS 管理

本ストリーム転送系では、転送経路上の中継ノードにバッファリング機能を積極的に挿入し、ジッタ吸収やタイムシフトなどの用途へ適用することができる。End-to-End QoS 管理モデルでは、このバッファリング機能における蓄積水位と再送レートが監視対象となる。

### 3.5 QoS ルーティング

本ストリーム転送系では、ストリーム両端 (Source と Sink) のアドレスと推定ストリーム帯域幅から、転送経路の候補リストを出力する QoS ルーティング機能を、独立のサーバ機能として実現している。現在のところ、回線帯域などの静的な情報から経路候補を生成しており、動的な資源混雑状況を加味した経路選択アルゴリズムについては検討中である。

### 3.6 QoS 制御メッセージ

STM 間で交換される制御メッセージは、宛先、制御コマンド、パラメータを含む。メッセージの宛先には単一の STM のほか、役割を指定することにより、閉鎖型リンク結合によるストリーム転送系の長を生かした同報的な制御メッセージ伝達も可能である。筆者らが試作したプロトタイプシステムにおいては、制御コマンドを文字列式のデータグラムで実現した。この STM 管理プロトコルに

て用いられる制御メッセージのフォーマットを図6に、またメッセージ構成を付録Aに示す。

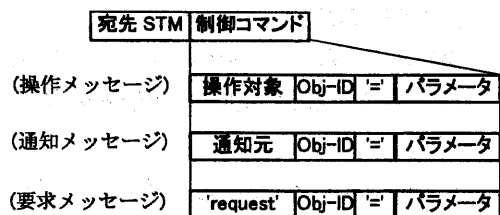


図 6. 制御メッセージフォーマット

実際の QoS 管理動作時においてマスタ STM は、ストリーム転送系を構成する STM 内部処理モジュールのうち、全体動作に影響の小さいいくつかのモジュールを監視対象または制御対象とし、管理モデルを単純化して管理制御を行うことができる。例えば通常のビデオストリーム転送では、ネットワーク資源擾乱の影響を感知するためにネットワーク受信モジュールを監視対象として、また、ノード送出ノードまたは中継ノード上に配置されるストリームシェーピングモジュールを制御対象として選択することが効果的である。

#### 4. 試作システム

以上述べた提案方式ならびに動的 QoS 管理制御メカニズムの実現性・有効性実証の目的でプロトタイプシステムを試作開発した。システム構成を図7に示す。

本システムのネットワーク部分は、広帯域公衆網を模擬する ATM-LAN (155Mbps)と、宅内網を模擬する Ethernet 10 Base-T(10Mbps)で構成され、ゲートウェイ WS とルータ機能を持つ HIS

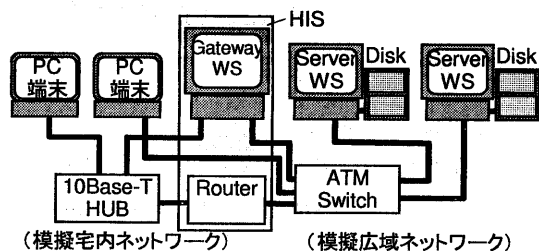


図 7. 実験評価システムの構成

(Home Information Server<sup>[4]</sup>)を介して両者が接続された構成を採っている。ストリームの転送経路は、外部網に接続されたストリームサーバから HIS による中継を経て宅内網に接続された 2 台の端末 PC へ達する。一方、端末能力規模による QoS 制御動作の違いを検証する目的で、2 台の端末 PC のうち片方には MPEG ハードウェアデコーダ、もう片方には MPEG ソフトウェアデコーダを搭載した。各端末 PC の機能諸元を表 1 に示す。

表 1. 実験端末 PC の機能諸元

	PC#1	PC#2
CPU	P5-133MHz	P6-200MHz
Memory	64 Mbyte	96 Mbyte
OS	WindowsNT4.0	WindowsNT4.0
Network-I/F	ATM-LAN 155Mbps	Ethernet 10Base-T
MPEG2 Decoder	Hardware	Software

今回の試作実験では、HTML 形式の情報パッケージをトリガとして呼び出される、主画面が 8Mbps の MPEG2-TS ストリーム、副画面が 4Mbps の MPEG2-TS ストリーム×2 本、合計 16Mbps の複合ストリームを利用し、表 2 に示すサブストリーム優先度テーブルを設定した。

表 2. サブストリーム優先度テーブルの設定値

優先度レベル	サブストリーム
0 (最高)	主/副#1/#2・制御
1	主・音声
2	副#1・音声
3	副#2・音声
4	主・I フレーム
5	副#1・I フレーム
6	副#2・I フレーム
7	主・P フレーム
8	主・B フレーム
9	副#1・P フレーム
10	副#2・P フレーム
11	副#1・B フレーム
12 (最低)	副#2・B フレーム

マスタ STM 機能は、QoS ルーティング問い合わせ機能とともに、端末アプリケーションにリンクされるスタブ内に実装した。

試作実験の結果、QoS 要求/制御/状態通知のメッセージや複合ストリームの転送は支障なく実現された。なお End-to-End QoS 自律制御の有効性・安定性については、負荷条件を変化させた多面的な評価実験を現在継続中であり、その結果は次の機会に報告する。

## 5. おわりに

本稿では、次世代の HD マルチメディア配信に必要なストリーム転送技術に関して、筆者らがこれまで提案してきたストリーム転送系アーキテクチャをベースとした End-to-End QoS 自律制御メカニズムについて述べた。提案メカニズムは複合ストリームのスケラブル配信に対応したシェーピング機能を有しており、次世代のネットワーク環境において重要な役割を示すものと考えている。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。

## 参考文献

- [1] 谷, 谷口, 「HD マルチメディア配信システムの開発 -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.
- [2] 谷, 谷口, 二宮, 「HD マルチメディア配信システム -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.
- [3] 二宮, 谷, 「HD マルチメディア配信システム -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.
- [4] 谷, 谷口, 「HD マルチメディア配信システム -高機能なストリーム配信システムの開発-」, 情処 DPS 研究会予稿集, pp.105-110., 1997.4.
- [5] 谷口, 谷, 「HD マルチメディア配信システム -ストリーム QoS 管理機構と動的画質制御方法」, 信学技報, CQ97-5, pp.31-38, 1997.5.
- [6] 鈴木他, 「分散マルチメディアコンテンツのパッケージング」, 第 54 回情処全大予稿集, 4L-2, 1997.3.
- [7] R.Steinmetz et al., "Quality of Service: Where are We?", Proceedings of IWQOS'97, pp.211-222, 1997.5.
- [8] S.Jacobs et al., "Adaptive video applications for non-QoS networks", Proceedings of IWQOS'97, pp.161-164, 1997.5.
- [9] A.T. Campbell, "QoS Challenges for Next Generation Mobile Middleware", pp.53-56, Proceedings of IWQOS'97, pp.161-164, 1997.5.

## 付録 A. STM 制御コマンドの構成

### (操作メッセージ)

<操作対象> := { C(共通) | F(送信) | M(中継)  
                  | R(受信) | L(ローカル) }  
<Obj-ID> := { i(初期化) | a(IP アドレス)  
                  | p(ポート) | t(転送レート)  
                  | u(処理開始/中断) }

### (通知メッセージ)

<通知元 type> := { SND(読込) | RCV(出力)  
                  | FTX(多重化送出)  
                  | TDX(ネットワーク受信)  
                  | BUF(バッファ) }  
<Obj-ID> := { r(レート) | j(ジッタ) | d(遅延)  
                  | e(エラー) | l(バッファ水位) }

### (要求メッセージ)

<prefix> := { 'request' }  
<Obj-ID> := { r(レート) | j(ジッタ) | d(遅延)  
                  | e(エラー) | l(バッファ水位) }