

## パーソナライズドメディアストリームのための配信手法の提案

佐藤克彦<sup>1)</sup> 勝本道哲<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>電気通信大学 <sup>1)</sup>日本無線株式会社

<sup>1)</sup>独立行政法人通信総合研究所

インターネット技術を基盤とした広帯域情報流通インフラの構築が進展し、MPEG-2やDV等の圧縮技術による高品質な映像・音声の配信(～数十Mbps)の実現が目前である。筆者らは、次世代高速インターネット上での新しい放送型コンテンツデリバリーとして、個々のユーザのニーズに合わせて多様な映像・音声を生成し、実時間ストリーム転送によって安定した品質で各ユーザに配信するシステムを提案している。本稿では、インターネットにおける配信手法に焦点を当て、ネットワークリソースの膨大な消費を抑えるために、マルチキャストを前提とした配信手法について論じる。そして、各種マルチキャスト手法の応用方式を提案し、実装するためのネットワークモデルとプロトコルを設計し、トラフィック量の数値的な考察により、その有効性を示す。

## A Proposal of Multicast for Personalized Media Stream Delivery

Katsuhiko Sato<sup>1)</sup> Michiaki Katsumoto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>The University of Electro Communication <sup>1)</sup>Japan Radio Co.,Ltd

<sup>1)</sup>Communication Research Laboratory

The broadband infrastructure for distributing high-quality content, which is based on the Internet technologies, has been growing rapidly, and the advent of Internet delivery of compressed high-quality video/audio such as MPEG-2 and DV (dozens of Mbps) is just around the corner. As an innovative content delivery scheme for broadcasting over the next-generation high-speed Internet, we have been proposing a system that produces video/audio content optimized to each user's personality and delivers them via streaming technique with stable quality. Focusing on the method of delivering content over the Internet, this paper discusses the scheme of multicasting to save network resources. We propose the enhancements to some multicast techniques, and we describe the designs of network models and a protocol to be implemented on the real Internet, and show the effect of retrenching the traffic intensity by using numerical considerations.

### 1. はじめに

近年、WebCasting[1]と呼ばれるインターネット放送サービスが数多く登場し、インターネットの新しいアプリケーションとして大いに期待されている。入力映像・音声を直ちに配信するライブ放送のほか、ユーザの要求に応じて任意の時刻に配信するオンデマンド放送が提供されるが、主として実時間ストリーム転送によって行われる。また、ネットワークへの負荷を低減するための手法としてマルチキャスト配信やコンテンツキャッシュサーバの分散配置等の技術が用いられる。一方、インターネット技術を基盤とした広帯域な情報流通インフラの構築が急速に進展しつつあり、現行のTV放送と同程度、或いはそれ以上の高品質な映像・音声配信の実現が期待される。既に[2]ではその実証実験の報告がなされている。

これらを背景に筆者らは、広帯域情報流通インフラを前提とした映像・音声配信の新しいアプリケーションの創出、ならびにそれを実現するための新しい技術の提案を試みている。その中で、次世代高速インターネット上での放送型コンテンツ配信として、個々のユーザのニーズに合わせて多様な映像・音声を生成し、かつ実時間ストリーム転送による安定した品質で各ユーザへ個別に配信するシステムを提案している[3]。

本稿では、インターネットにおける配信手法に焦点を当てる。放送型コンテンツの配信において、個別化した映像・音声を安定した品質で実時間ストリーム転送によって配信する場合、膨大なネットワークリソースを要求する。従ってマルチキャストによる配信を考えるが、個別化された多様な映像・音声の実時間配信に対しては簡単に適用することはできない。ここでは、非同期マルチキャストと階層化マルチキャストと呼ばれるマルチキャスト手法を取り上げ、提案システムへの適用を検討するとともに両方式を相互動作させる応用方式を提案する。そして、実際のインターネットへの実装のためのネットワークモデルとプロトコルを設計し、ユニキャスト配信に対する配信トラフィック量の削減効果を数値計算によ

り考察した。

以降、2章では提案システムのコンセプトを、3章ではマルチキャスト配信における課題を、4章では関連研究として非同期マルチキャストと階層化マルチキャストの説明を、5章ではそれらの適用の検討と応用の提案を、6章では実インターネットへの実装方式の設計と数値的考察を行う。

### 2. パーソナライズドメディアストリーム配信

情報コンテンツがデジタル化し、伝送媒体が広帯域化すれば、インターネット上で通信サービスの他に放送サービスも行うことができるようになる。特にインターネットの双方向性を利用すれば、個々のユーザが持つ特性に基づいて配信内容、および配信時間を個別化して提供する様な放送サービスが可能となる。

パーソナライズドメディアストリーム配信は、放送型コンテンツの配信において、

①個々のユーザの嗜好やライフスタイル、受信システムの能力等の情報に基づき多様な映像・音声を生成し、

②各ユーザへ個別に、かつ適切に保証された品質で実時間ストリーム転送によって同報配信する、

ことを実現するシステムである。多様な映像・音声の生成・配信とは、例えば、配信システムにおいて予め用意された複数種類のビデオシーン(セグメント)やビデオオブジェクトを、ユーザの嗜好情報等に基づき適切に編集して配信したり、ユーザの受信システムの再生能力に応じて適切な品質で配信したりすることをいう。パーソナライズドメディアストリーム配信は、放送型情報配信による効率性を維持しながら、ユーザをターゲティングすることによる高密度な有意情報配信の実現をもたらす。

### 3. マルチキャスト配信における課題

個々のユーザに個別化され類似したコンテンツの配信、および任意の時刻に配信するオンデマンド配信を、最も簡単な方法で行うためには、ユニキャストによって配信すればよい。

しかしながらユニキャストによる配信は、コンテンツ配信システムから個々の受信システムに対し個別のフローで配信するため、配信対象となるユーザが多数になると、膨大なネットワークリソースを消費してしまう。ネットワークが広帯域化するとはいえ、コンテンツの配信においては、ネットワークリソース消費の極小化を図る方策が必要である。

これに対してマルチキャストによる配信は、配信システムから単一のフローがネットワーク内の中継ノードによって必要に応じ複数のフローにコピーされて各受信システムまで配信されるため、リソースの大幅な節約ができる。しかしながら、実時間ストリーム転送といったリアルタイムマルチキャスト配信においては、マルチキャストグループに含まれるメンバー間の視聴時刻と視聴内容が同一のものとなるため、単純に提案システムへ適用することはできない。

任意の時刻でのオンデマンド配信に対し、マルチキャストを使う方法として、非同期マルチキャストが提案されている。また、ユーザに合わせて多様な品質でマルチキャスト配信する方法として、階層化マルチキャストが挙げられる。しかしながら、提案システムのように個々のユーザに多面的に個別化したコンテンツの配信に対し、これらの技術をどのように適用していくかを検討する必要はあり、またこれらの技術は個別に検討されてきているため、両技術の相互作用についても検討する余地がある。さらに両技術を包括した実際のインターネットへの実装方法についても検討しなければならない。

## 4. 関連研究

### 4.1 非同期マルチキャスト

非同期マルチキャスト配信の基本は、配信時刻が近傍する複数の受信システム間で、配信期間内で共通するデータ部分の配信をマルチキャスト配信として集約する。そして、マルチキャスト配信に含まれなかった時間的な差分のデータはユニキャストで個別に配信する。従って受信システムでは、マルチキャストによる配信データとユニキャストによる配信データを同時に受信し、直ちに再生されないマルチキャスト配信データは蓄積しておく。

非同期マルチキャストの方法には、コンテンツを小さい単位に分割して再生レートよりも数倍の伝送レートで高速配信することをベースにする方法[4][6]と、ストリーム転送ベースで配信[6]する方法がある。また、時間的な差分部分をパースト転送する方式[7]も提案されている。

### 4.2 階層化マルチキャスト

階層化マルチキャストは、主として階層符号化されたビデオの配信において適用される。階層化マルチキャストの基本は、階層符号化された各階層のデータを複数のマルチキャストグループに割当て、各受信システムは必要とする階層のグループを受信する。この階層化マルチキャストは既に開発、標準化提案されているものとして[9]等が挙げられるが、ネットワークの負荷状況に応じて受信システムがダイナミックに受信する階層数を制御する方法として、[8]をはじめ数多く提案されている。

## 5. 各マルチキャスト手法の検討と応用の提案

### 5.1 非同期マルチキャストの検討と応用

これまでの非同期マルチキャストの提案において、方式[4][5][7]では、受信システム側の伝送インタフェースが広帯域であることが前提であり、かつストリーム転送ベースでないため、本稿で提案するシステムには適用できない。一方、方式[6]はストリーム転送ベースであるため提案システムに向いていると考えられる。

ところで[6]においては、マルチキャストへ集約する平均タイミングと、時間帯によって変化するコンテンツ配信要求の

平均発生率及びコンテンツの平均配信時間との関係について言及していない。そこで、ストリーム転送ベース非同期マルチキャストの効果を常に最大に引出すため、[6]における基本原理に対して、上記問題を考慮し、コンテンツ配信システムにおいて、多重フローに対する統計的なトラフィック量を簡潔に制御する方法を提案する。

### 5.2 階層化マルチキャスト検討と応用

これまで階層化マルチキャストが階層符号化ビデオにおいて品質レベルでの多様な配信を対象にしてきたのに対し、ビデオセグメント(シーン)やビデオオブジェクトにおいて多様化したマルチキャスト配信に応用することを提案する。セグメントとは、ビデオプログラムを時間的に等分割した個別化の対象となる単位である。ビデオオブジェクトとは、画面を構成する背景や物体でありセグメントを構成する単位である。

品質に対する多様化配信は、従来どおり、基本レイヤ、高位レイヤそれぞれにマルチキャストグループを設定して配信し、受信システムは所望の品質に応じて1つ或いは複数のマルチキャストグループに参加する。

セグメントに対する多様化配信は、基本的に、時間毎にユーザ間で共通となるセグメント同士を括り、それぞれにマルチキャストグループを設定する。受信システムは、時間毎に所望のセグメントに応じて再生するマルチキャストグループを動的に変更する。

オブジェクトに対する多様化配信は、セグメントにユーザが要求する可能性がある全てのオブジェクトを含めて配信する。オブジェクト毎にマルチキャストグループを割当てない。従って受信システムでは、マルチキャストグループとは別の手段によって、再生するオブジェクトを選択する。このようにする理由は、ネットワークにおいてオブジェクト単位でのマルチキャストツリーの構築やリソース予約などの煩雑な制御を避けるためである。

### 5.3 トラフィック制御方式の提案

ここでは、ストリーム転送ベース非同期マルチキャストの配信トラフィック量を計算する。提供されるコンテンツは固定ビットレートで配信され、その配信時間は平均  $h$ 、配信要求はランダムに発生(ポアソン分布と仮定)しているとし、平均発生率  $= \lambda$ 、平均発生間隔  $= 1/\lambda$  であるとする。図1は、まずある受信システムへの配信を共有フローとしてマルチキャスト配信し、後につづく他の受信システムへの配信が個別フローとしてユニキャスト配信されている様子を表す。個別フローは共有フローに含まれていない分(共有フローの先頭からその個別フローの先頭が配信されるまでの時間に対応する分)が配信されるが、その期間は先述のセグメントに対して多様化配信するために対象となるセグメント(もしくはさらに細分割したサブセグメント)の配信期間を単位とする。これにより配信システムと受信システムでは、各個別フローの要求発生時刻によって異なる配信期間を精確に測定する必要がなく、セグメント(サブセグメント)を単位として簡単に取扱うことができる。なお、各個別フローの配信期間をすべて同じセグメント数にする方法と、要求が発生した時刻に応じてそれぞれセグメント数を変化させる方法が考えられる。後者は配信トラフィック量を減少させるためにより効果があるが、その分、制御が煩雑となる。

さて、共有フローの生起率を  $\tau$  ( $1/h < \tau < \lambda$ ) とする。各個別フローの配信期間をすべて同じセグメント数にする方法では、その配信時間を共有フローが生起する周期  $1/\tau$  と近似すると、配信トラフィック量  $\rho$  は、

$$\rho = \tau h + (\lambda - \tau) \frac{1}{\tau} = \tau h + \frac{\lambda}{\tau} - 1 \quad [\text{erl}] \quad (1)$$

となる。一方、各個別フローの配信期間をそれぞれ変化させ

る方法では、共有フロー間に発生する個別フローの数が  $\lambda/\tau - 1$ 、配信時間が順次  $x\lambda, x=1,2,\dots$  となるから平均配信時間は、 $1/2\tau$  である。ゆえに配信トラフィック量  $\rho$  は

$$\rho = \tau h + (\lambda - \tau) \frac{1}{2\tau} = \tau h + \frac{\lambda}{2\tau} - \frac{1}{2} \quad [\text{erl}] \quad (2)$$

となる。式 1,2 はいずれも、 $\tau$  を 1 から増加すると  $\rho$  が減少していき、それぞれ、 $\tau = \sqrt{\lambda/h}$ 、 $\tau = \sqrt{\lambda/2h}$  のときに  $\rho$  が最小値を取り、さらに  $\tau$  を増加すると  $\rho$  は増加していく。コンテンツを配信するシステムは、常時  $\lambda, h$  を観測し  $\tau$  を逐次適切な値に設定することによって、常に配信トラフィック量を極小化することができる。一方、 $\tau$  は大きいほど受信システムにおいて要求されるバッファのサイズが小さくて済む。すなわち  $\tau$  の決定は、配信トラフィック量の最小化と受信システムで必要となるバッファサイズの最小化のトレードオフとなる。そこで、配信トラフィック量の上限  $U$  が与えられた場合、次の制御が可能である。観測される  $\lambda h$  が  $U$  以下であるときは  $\tau$  を  $\lambda$  に設定し、 $\lambda h$  が  $U$  より大きい  $U$  が  $\rho$  の最小値よりも大きいときは、 $\rho \leq U$  となる  $\tau$  の最大値を設定し、 $U$  が  $\rho$  の最小値以下であるときは、 $\rho$  を最小化する  $\tau$  を設定する。これにより配信トラフィック量が  $U$  を超えない範囲で受信バッファサイズを最小にする配信が可能となる。

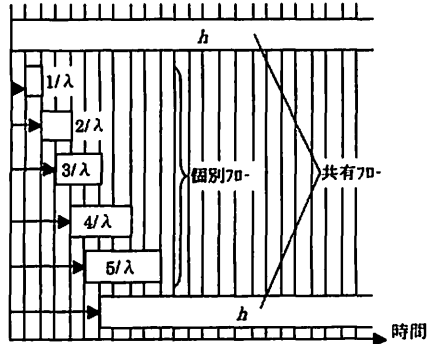


図 1 非同期マルチキャスト

#### 5.4 セグメントに対する多様化配信の提案

セグメントに対して多様化した配信を行うために、受信システムでは、複数のマルチキャストグループへ動的に参加をし、ネットワークではマルチキャストツリーの再構築を動的に行う。この際、配信システムが各セグメントを配信する前に、マルチキャストツリーの再構築を完了していなければならない。このようなツリー構築のオーバーヘッドを、非同期マルチキャストの性質を利用することによって吸収する。

まず、配信システムでは、時間毎に再生するセグメントの遷移パターンをユーザの特性に合わせて数種類定義し、これをユーザグループとして分類しておく。受信システムは配信に先立ちこれを獲得しておく。配信システムは、最初のユーザ(非同期マルチキャストにおいて共有フローのみを受信するユーザ)に対して配信するプログラムを含む一連のセグメント群(ユーザグループ)に、一貫して同一のマルチキャストグループを割当てる。そして、後に続くユーザ(固有フローと共有フローの両方を受信するユーザ)へ配信するプログラムに含まれるセグメント群(ユーザグループ)が、既に配信されているコンテンツに含まれるセグメント群(ユーザグループ)と異なって発生したとき、差異となるセグメントに新たなマルチキャストグループを割当てていく。

この方法は、つまり次のことを意味する。共有フローのみを受信する最初のユーザは、受信した共有フローのデータを直ちに再生するため配信期間中マルチキャストグループの遷移がないようにする。一方、固有フローを併用して受信する

後続のユーザは、共有フローのデータを一時的に蓄積するため、データを受信してから再生するまでに時間的余裕がある。ネットワークはその間にマルチキャストツリーの再構築を行えばよく、その結果、受信システムは配信期間中において再生マルチキャストグループの遷移を許容される。

図 2 は、セグメントに対する多様化配信において、MPEG-4 を利用した階層化マルチキャストの応用と非同期マルチキャストとの相互作用を示す。MPEG-4 のビデオ構造は、当該セグメントに相当するビデオオブジェクトシーケンス(VS)が在り、VS は複数のビデオオブジェクト(VO)から成る。さらに VO は複数のビデオオブジェクトレイヤ(VOL)から成る。VOL は時空間解像度のレイヤを表現し、VOL は複数のビデオオブジェクトプレーン(VOP)から構成される。ここでは解像度のレイヤを VO 単位ではなく、VS 単位に決定することになっている。

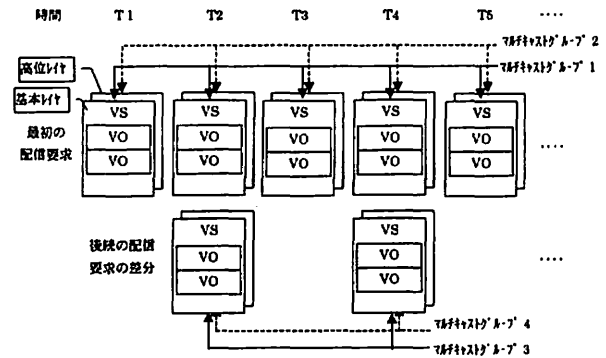


図 2 MPEG-4 を利用した階層化マルチキャストの応用

## 6. インターネットインプリメント

### 6.1 要求条件

コンテンツ配信の重要な条件として、視聴期間中は一貫した QOS を提供するものとする。つまり、ベストエフォート配信やユーザの意思を無視した動的な品質調整を行わない。これは、配信コンテンツが、現行の TV 放送の様に有料であったり、或いは CM を伴って提供されたりすることを想定するためである。

### 6.2 ネットワーク基本概念

ネットワークの制御方法として、集中管理方式と分散管理方式が挙げられる。前者は、ある特定の管理システムがネットワーク制御のデータベースを一元的に保持し、シグナリングやルーティング機能を一括して実施する。後者は、ネットワークの中継ノードが自律的にトポロジやリソース情報等を交換し、各々が同一のデータベースを保持してルーティングやシグナリングを協調して実施する。前者は、後者で必要となる中継ノード間のデータベース同期のための情報交換手順等を省くことができるということ、独特な管理ポリシーを定義して、独自のネットワーク制御を施行できるという利点がある。一方、後者は、ネットワーク内の中継ノードに他の中継ノードと協調するための必要な機能を実装すれば、ネットワーク全体の管理と切離してネットワークトポロジを自由に変更できるという接続性の利点がある。

また、実時間ストリーム転送によるコンテンツ配信において、一貫した QOS を提供する手法として、プロビジョニング型 QOS 保証方式とリソース早期型 QOS 保証方式が考えられる。前者では、個々の配信におけるトラフィックを対象とせず、多重化されたフローの統計的なトラフィックのプロビジョニングを行い、リソースの過剰投資によって QOS 保証を実現する。一方、後者の基本は、個々の配信において配信開始前にシグナリングを実行し、アドミッション制御とリ

ソース予約を行うことによるリソースの争奪をすることによって QOS を保証する。

### 6.3 ネットワーク設計

[3]では、上記基本概念に基づきいくつかの実装モデルを設計し考察を与えた。実装初期段階としては、集中管理方式ネットワーク制御が容易であるとし、トポロジが安定し、トラフィックが集まるコアネットワークでは静的マルチキャストツリーの設定とプロビジョニング型 QOS 保証を、ネットワーク規模に制限が課せられるアクセスネットワークでは動的マルチキャストツリーの設定とリソース早取り QOS 保証を適用していくことを示した。また、FEC(Forwarding Equivalence Classes)と呼ぶ同一のラベルで表される様々な集約度・粒度のバケット流に対し、カットスルー(簡略化したバケット転送処理)による高速データ転送を実現し、FEC に対して LSP(Label Switch Path)と呼ぶコネクションを設定することにより、QOS 等の特定の要件に基づく柔軟なルーティングやトラフィック制御を実施することを可能とする MPLS(Multi Protocol Label Switch)[12]を導入することを前提とした。

図 3 は設計したネットワークモデルを示す。コアネットワークに複数のアクセスネットワークを接続し、それぞれ制御プレーンとデータ転送プレーンに物理的に分離する。各アクセスネットワークには中間配信システム(図中 RS)を設置する。配信システム(図中 S)は共有フローのみを配信し、RS が共有フローを中継するとともに、個別フローと個別化された差分セグメントの配信を行うことでコアネットワーク上のトラフィックの更なる低減を図る。

#### 6.3.1 コアネットワーク

データ転送プレーンでは Diffserv(Differentiated Services)[11]を実行する中継ノード(図中 LS)で構成する。

Diffserv は、DS ドメインという閉じたネットワークにおいて内部の中継ノードの挙動(PHB:Per Hop Behavior)を表す DSCP(Diffserv Code Point)を各バケットに設定することによりトラフィックの制御を行う。Diffserv では、ユーザ毎の個々のフローを対象とせず、サービスという単位で複数のフローを多重化して取り扱い、プロビジョニングによる QOS 保証を行う。

マルチキャストツリーは半固定的な LSP で構築し、S から送信される全ての共有フローを 1 つの FEC として集約する。そして、転送のサービスクラスとして EF-PHB(Expedited Forwarding-PHB)[14]を設定する。EF-PHB は、他のトラフィックより高い QOS(低遅延、低損失率、低ジッタ)を提供するクラスとして規定される。各 LS におけるトラフィックの最小送出レートを保証し、これらのノードのトラフィック最大流入量を最小送出レート以下にすることによってキューの成長を極小化し、高い QOS を保証する。

ここで、5.3 項で提案した非同期マルチキャストにおける多重化フローに対する統計的トラフィック量の制御が有用である。S では、配信要求発生率を観測しながら共有フローの生起率を動的に変化させ、上記 EF-PHB で求められる LSP への最大流入量を調節する。

制御プレーン上のネットワーク制御システム(図中 NC)は、ネットワークの利用ポリシーを制御し、特に静的マルチキャストツリーの設計とネットワークリソースの配分等を決定する。トラフィック管理システム(図中 TM)は、QOS パラメータを伴うトポロジデータベースを保持し、ツリー上の各リンクに対するアドミッション制御とリソース予約を実施する。アドレス管理システム(図中 AM)は、ローカルスコープのマルチキャストアドレスを管理する。S は、データ配信に先立ちマルチキャストアドレスを取得し、受信システム(図中 R)に伝達しておく。パス制御システム(図中 PC)は、ツリー上の LS

にラベル設定/解除の命令を発行する。

#### 6.3.2 アクセスネットワーク

FEC は、個々の共有フローと個別フロー毎(マイクロフロー毎)に割当て、配信要求発生次第に制御プレーンからの命令により LSP を設定する。MPLS を実行する LS は、マイクロフロー毎に確実な QOS を保証するため、マイクロフロー単位のリソース予約とトラフィックに対するポリシングやシェーピングを実行する。制御プレーンには、呼制御システム(図中 CC)を追加し、R からの配信要求毎に設定されるアクセスネットワーク上の呼・コネクションを制御する。

セグメントに対する個別化配信においては、R が配信期間中に複数のマルチキャストグループへ参加し、各マルチキャストグループのツリー構築が動的になされるため、RS における各セグメントの配信の開始は、ツリー構築の完了を待たなければならない。従って、CC は RS と PC の連携をとり、ラベル設定とセグメント配信の同期制御を行う。

また、配信期間中、一貫した QOS 保証を行うために、配信に先立ち、配信期間中に参加する予定の全てのマルチキャストグループにおいて使用するツリー上のリンク・ノードのリソースを予め確保するためにしなければならない。従って TM では、時間軸をともなったリソース管理のデータベースを実装し、アドミッション制御とリソース予約を行う。

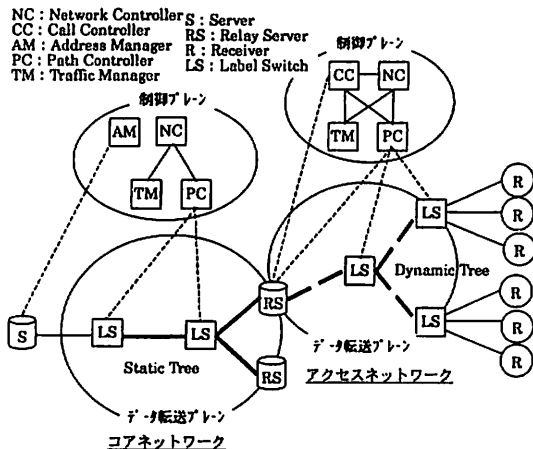


図 3 ネットワークモデル

### 6.4 プロトコル設計

まずエンドシステム間の基本シーケンスを示す(図 4)。R が Web によりコンテンツの存在と S の所在を得てから、S よりプログラムの基本情報を取得することから始まる。R はトランスポート設定要求を發し、S は R からのユーザ特性よりセグメントシーケンスパターン(ユーザグループ)を選択するとともに共有フロー或いは個別フローかを決定し、マルチキャストアドレスを割当てする。S は、この情報を R と S 間に存在する RS に中継点設定要求として伝達する。RS は CC に連絡し、アドミッション制御が完了したら S に応答し、R はトランスポートの設定応答を受ける。そして、R は S にストリーム送信要求を發し、S は RS に中継点送信要求を發し RS は CC に連絡して、リソース予約とパス設定の要求・確認をしたら S に応答する。共有フローに選択されている場合、S はストリーム送信応答と共に共有フローを配信する。個別フローに選択されている場合、RS から個別フローと共有フローの時間差に相当するセグメント数をストリーム送信応答に含めて応答すると共に個別フローを配信する。

次にネットワークシステム間の基本シーケンスを示す(図 5)。中継点設定要求を受けた RS が、CC に呼設定要求を發し、CC は TM に対して、パス計算と各リンクに対するアドミッ

ション制御を要求する。また、中継点送信要求を受けた RS は CC にデータ送信要求を発生し、CC は TM にリソース予約を要求するとともに、計算されたパス情報を PC に渡し、PC は LS ヘラベル設定を命令する。

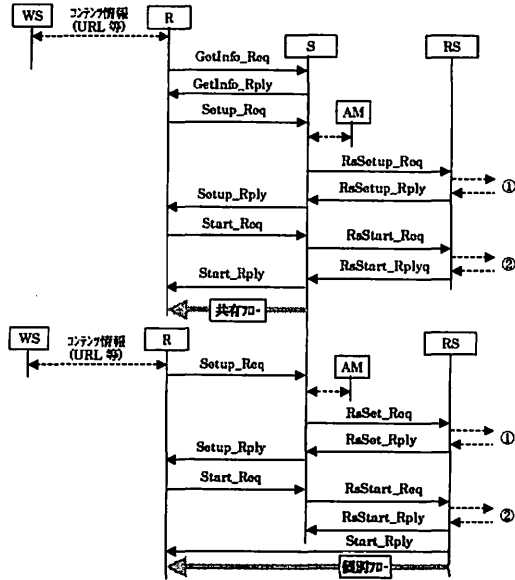


図4 エンドシステム間基本シーケンス

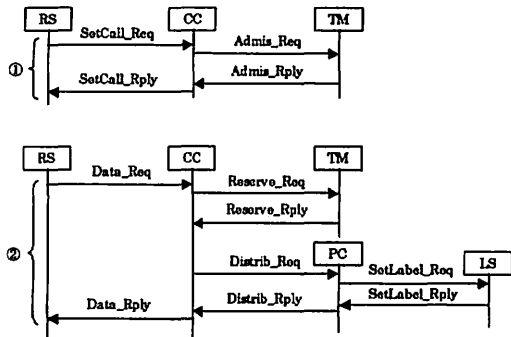


図5 ネットワークシステム間基本シーケンス

メッセージ	パラメータ
GetInfo_Req (プログラム情報要求)	URL
GetInfo_Rply (プログラム情報応答)	プログラム記述,メディア記述, IOD(Initial Object Descriptor)
Setup_Req (トランスポート設定要求)	使用トランスポートプロトコル,ユニキャスト アドレス,ポート番号,ユーザ特性記述,システ ムケーパビリティ記述
Setup_Rply (トランスポート設定応答)	シナリオ記述(ユーザグループ, マルチキャスト アドレス, ポート番号, QOS クラス),セッション 識別子
RsSetup_Req (中継点設定要求)	フロー種別,シナリオ記述(ユーザグループ, マ ルチキャストアドレス, ポート番号, QOS クラ ス),セッション識別子
RsSetup_Rply (中継点設定応答)	セッション識別子
Start_Req (ストリーム送信要求)	セッション識別子,配信時間
Start_Rply (ストリーム送信応答)	セッション識別子,フロー間セグメント数
RsStart_Req (中継点送信要求)	セッション識別子,配信時間
RsStart_Rply	セッション識別子

(中継点送信応答)	
SetCall_Req (呼設定要求)	セッション識別子,タイムスケールトラフィック 記述
SetCall_Rply (呼設定応答)	セッション識別子,呼識別子
Data_Req (データ送信要求)	呼識別子
Data_Rply (データ送信応答)	セッション識別子
Admis_Req (呼受付判定要求)	呼識別子,タイムスケールトラフィック記述
Admis_Rply (呼受付判定応答)	呼識別子,予約識別子
Reserve_Req (リソース予約要求)	予約識別子
Reserve_Rply (リソース予約応答)	呼識別子,パスノードリスト記述
Distrib_Req (配信要求)	呼識別子,配信シーケンス番号,パスノードリス ト記述
Distrib_Rply (配信応答)	呼識別子,配信シーケンス番号
SetLabel_Req (ラベル設定要求)	ノード識別子,フロー識別子,転送キャッシュエ ントリ,ラベル
SetLabel_Rply (ラベル設定応答)	ノード識別子,フロー識別子

表1 メッセージとパラメータ

### 6.5 受信システムモデル設計

MPEG-4 で規定される標準的なデコーダモデルをベースにする。各メディアオブジェクトとシーン記述に対応する ES(Elementary Stream)は1つの RTP(Real-time Transport Protocol)[16]セッションに対応する。DMIF(Delivery Multimedia Integration Framework)[17]より上部に位置する機能は同じである。

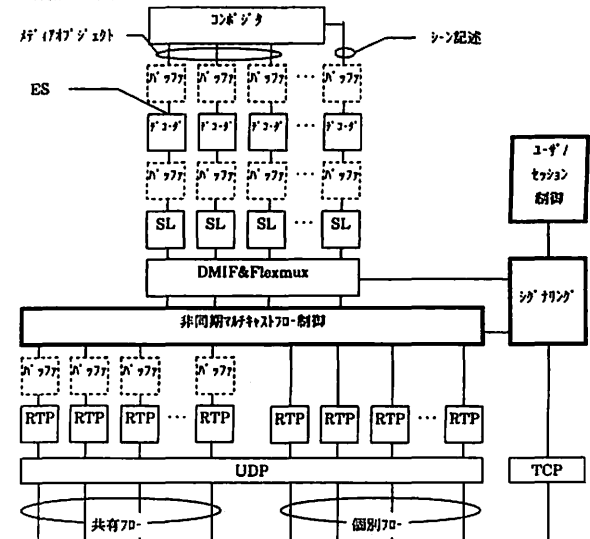


図6 受信システムモデル

個別フローにおいて受信される ES 群は直ちにデコードされ再生される。共有フローで受信される ES は、固有フローで受信される ES が終了するまでバッファリングされた後、デコードされ再生される。従って、非同期マルチキャストフロー制御と呼ぶモジュールを設けることにより整合処理を行う。ここでは RTP パケット内のタイムスタンプが、RS から与えられるフロー間セグメント数を元に時間差を求め MPEG-4 で使用するタイムスタンプに換算する。

## 6.6 設計の数値的考察

設計したコアネットワークとアクセスネットワークにおけるトラフィック量を算出し、従来のユニキャスト配信の場合と比較することによってその有効性を考察する。

ネットワークをコアネットワークとアクセスネットワークの階層構造にし、コアネットワークにおいては共有フローのみを配信することによって、非同期マルチキャストにおける更なるトラフィック削減効果を図っている。ここではアクセスネットワークのツリーのトランク部分とコアネットワークのツリーのトランクとブランチ部分についてのトラフィック削減効果を考察する。

さて、個別フローの配信時間はセグメント(サブセグメント)単位であるが、ここでは、サブセグメントを極めて小さい値にすることができると仮定しトラフィック量の理想最小値を求めることにする。なお、コアネットワークに接続されるアクセスネットワークの数を  $m$  とし、各アクセスネットワークでの配信要求発生率を  $\lambda$  とする。

アクセスネットワークでは、共有フローと固有フローを配信し、 $\tau = \sqrt{\lambda/2h}$  のとき最も効果的な配信であり、これを式(2)に代入すると配信トラフィック量は、

$$\rho = \sqrt{\lambda h} - 1/2 \quad [\text{erl}] \quad (3)$$

となる。ユニキャストによる配信においては、アクセスネットワークのトランクに相当する部分のトラフィック量は  $\lambda h$  となる。従って、提案するマルチキャスト配信とユニキャスト配信の比率  $R_{ca}$  は、

$$R_{ca} = \frac{\sqrt{\lambda h} - 1/2}{\lambda h} \quad (4)$$

コアネットワークでは、共有フローのみが配信され、ツリーのトランクとブランチの配信量は同じである。 $\tau = \sqrt{\lambda/2h}$  のとき最も効果的な配信であるから、配信トラフィック量は、

$$\rho = m\tau h = m\sqrt{\frac{\lambda h}{2}} \quad [\text{erl}] \quad (5)$$

ユニキャストによる配信においては、トランクとブランチに相当するリンクのトラフィック量がそれぞれ  $m\lambda h$  と  $\lambda h$  である。従って、トランクとブランチのそれぞれにおけるユニキャスト配信との比率  $R_{ca}$ 、 $R_{cb}$  は、

$$R_{ca} = \frac{m\sqrt{\lambda h/2}}{m\lambda h} = \frac{1}{\sqrt{2\lambda h}} \quad (6)$$

$$R_{cb} = \frac{m\sqrt{\lambda h/2}}{\lambda h} = \frac{m}{\sqrt{2\lambda h}} \quad (7)$$

となる。 $m$  が大きいとブランチにおけるトラフィック量の削減効果は減少する。少なくとも  $m < \sqrt{2\lambda h}$  となるようなネットワークを設計する必要がある。

図7は、 $\lambda h$  とユニキャスト配信に対する提案マルチキャスト配信のトラフィック量の比率の関係を示している。 $m=4$  のコアネットワークのブランチ部では配信要求が少ない( $\lambda h=8$  以下)とき、トラフィック量の削減が逆効果となるが、それ以外は配信要求が多くなるほど削減効果が大きくなる。 $\lambda h=100$  では、コアネットワークのトランク部では7%、アクセスネットワークでは13%にまで削減される。

### 7. まとめ

次世代情報流通インフラを前提に、新しいコンテンツデリバリとしてパーソナライズドメディアストリーム配信を提案した。特に、ネットワーク配信手法に焦点をあて、非同期マルチキャストと階層化マルチキャストの検討とともにトラフィック制御方式と両者を相互動作させた多様化したセグメントの配信方式を提案した。そして、実際のインターネットへ

の実装方法としてネットワークモデルとシステム間シーケンス、受信システムモデルを設計した。また、この方法によるトラフィック量の削減効果についても示した。

今後の課題として、ネットワーク配信手法では、時間軸を伴うリソース管理方法の検討が挙げられる。それ以外では、ユーザの嗜好やライフスタイルを反映するプロファイルの定義や、著作権やプライバシー侵害という法的な問題も踏まえた個人情報の入手方法、圧縮ベースのメディアデータベース管理方法といった検討が挙げられる。

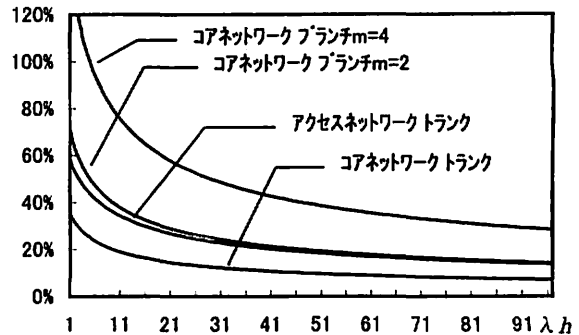


図7 ユニキャストに対するトラフィック量の比率

### 参考文献

- [1] Peggy Miles, Internet World Guide to Webcasting, John Wiley & Son, 1998
- [2] 中川晋一, 勝本道哲, IP 通信によるデジタルメディアの将来, 情報処理 VOL.41 No.12, Dec.2000
- [3] 佐藤克彦, 勝本道哲, パーソナライズメディアストリーム配信の提案, 情報処理学会研究報告, DPS103-14, Jun.2001
- [4] H.Woo, C.K.Kim, Multicast scheduling for VOD services, Multimedia Tools and Applications 2(2) pp157-171, Mar.1996
- [5] H.Kalva, B.Fuhr, Techniques for improving the capacity of video-on-demand systems, Proc.29th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp308-315, Wailea, HI, USA, IEEE Computer Society Press, Jan.1996
- [6] S.W.Cater, D.E.Long, Improving Video-on-demand Server Efficiency Through Streaming Tapping, Proc.the International conference on Computer Communication and Networks, pp200-207 Las Vegas, Sep.1997
- [7] 宇野哲史, 戸出英樹, 村上孝三, パースト転送を用いたマルチキャスト映像配信方式とその性能評価, 電子情報通信学会技術研究報告, IN99-82, Nov.1999
- [8] S.McCanne, V.Jacobson, M.Vetterli, Receiver-driven Layered Multicast, Proceedings of ACM Sigcomm, 1996
- [9] 鈴木敏明, 三村到, 鈴木大平, IP 網用マルチ QOS 対応ミドルウェア技術の研究開発, 平成 12 年度研究発表会予稿集, 通信・放送機構, Jun.2000
- [10] 三木弼一, MPEG-4 のすべて, 工業調査会, 1998
- [11] S.Blake, D.Black, et al, An Architecture for Differentiated Services, RFC 2475, 1998
- [12] E.Rosen, A.Viswanathan, R.Callon, Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC3031, 2001
- [13] Francois Le Faucheur, Liwen Wu, et al, MPLS Support of Differentiated Services, IETF Internet Draft, Feb.2001
- [14] V.Jacobson, K.Nichols, et al, An Expedited Forwarding PHB, RFC2598, 1999
- [15] D.Ooms, B.Sales, et al, Framework for IP Multicast in MPLS, IETF Internet Draft, Jan.2001
- [16] H.Schulzrinne, S.Cater, et al, A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC1889, 1996
- [17] Delivery Multimedia Integration Framework, ISO/IEC FDIS 14496-6
- [18] H.Schulzrinne, A.Rao, et al, Real Time Streaming Protocol, RFC2326, 1998
- [19] D.Singer, Y.Lim, et al, A Framework for the delivery of MPEG-4 over IP-based Protocols, IETF Internet Draft, Nov 2000