

インタラクティブ性を考慮した放送型ストリーム配信システム

日浦 章英† 内山 尚子† 中川 予始子‡ 須山 敬之†

† 西日本電信電話株式会社 技術部 研究開発センタ

‡ 西日本電信電話株式会社 福岡支店

概要

本論文では、ブロードバンドインターネット時代のキー技術の一つである放送型のストリーム配信システムについて述べる。本システムには、遅延のない同期コンテンツ配信、ストリーム配信中のダイナミックな広告挿入、視聴者の多様な環境に対応するエンコーダ制御、の3つの機能がある。これらの機能によって、インタラクティブなストリーム配信サービス提供と設備の削減が実現できる。

A Programmed Stream Delivery System Considered Interactive Action

Akihide HIURA † Naoko UCHIYAMA † Yoshiko NAKAGAWA ‡ Takayuki SUYAMA †

† NTT West Research and Development Center

‡ NTT West Fukuoka Branch

abstract

This paper describes a programmed stream delivery system which is one of the key technologies in broadband internet time. This system has three functions: 1. Distribution of synchronous contents, 2. Insertion of advertisements into a streaming, 3. Control of an encoder adapted various environments. Using these functions, a system manager can provide interactive streaming services and cut down construction costs.

1. はじめに

近年のネットワークの広帯域化により、映像コンテンツの配信サービスが増している[1]。映像コンテンツの配信方式には、一度データを蓄積した後に再生を行うダウンロード型と、データを蓄積しながら再生を行うストリーム型がある。後者のストリーム型はダウンロード型より広帯域を必要とするが、ADSLや光サービスが急速に普及していることや番組表に従って配信するテレビと同様な放送型のビジネスが可能なることから今後の主流になりつつある。筆者らは、番組表に従って実時間でエンコードしながらユニキャスト配信するシステムを開発している[3][4][5]。このシステムは、実時間でエンコードするため、配信コンテンツの急な変更にも対応できるという特徴がある。

このような放送型の配信サービスを提供する際には、ネットワークやサーバマシンの負荷を考慮しつつ、ネットワークならではの付加価値サービスを実現することが重要

となる。例えば、ミュージシャンのライブ映像をストリーム配信しつつ、歌に合わせて歌詞を表示するの付加価値サービスの一つである[2]。

既存システムにおいても、番組表に基づいて映像を配信しつつ付加価値サービスを提供しているが、このような単純な映像配信システムでは、例えば次のような多様なニーズに対応できない。(1) 視聴者毎に異なる環境、例えば動画プレイヤー、ハードウェア性能、ネットワーク状況等の違いにできるだけ少ない設備で対応する[3]。(2) 映像に対して切れ目なく広告動画を挿入する[4]。(3) 同じ時間に同じ番組を複数の視聴者が受信しても、遅延なく同期コンテンツを視聴者端末に表示する[5]。

本稿では、上述のニーズに対応可能な複数エンコーダ同時制御、動的広告挿入、オンタイム同期コンテンツ表示、について述べる。また、これらの機能を実装した放送型サービスの適用事例を示す。

2. 放送型サービスの要求条件

本稿では、番組表に従って映像をユニキャスト配信しつつ、配信映像に広告を挿入し、さらに映像の詳細情報を伝える同期コンテンツを配信するような放送型サービスを対象としている。このようなサービスを効率的に実現するためには、以下のような要求に対応する必要がある。

(1) 多様な環境の視聴者に対応

放送型サービスでは、多様な環境の視聴者がアクセスする。例えば、ブロードバンドユーザは、大きな画面サイズで高品質なストリーミングを求める。その一方でブロードバンドユーザも対応しなければ、アクセス増は望めない。このような要求を満たすためには、以下のような課題がある。

(a) 1つの収録済みの動画コンテンツを、視聴者の多様な環境に対応したストリーミング用ファイルにエンコードするためには、最大で視聴者環境の種類分のエンコードが必要になる。よって、エンコード用マシンが複数台必要である。

(b) 視聴者のネットワーク状況を監視しながら複数のビットレートで配信する技術に、Microsoft社のIntelligent Stream技術やReal Networks社のSure Stream技術がある。しかし、これらの技術は配信ビットレートのみを対象としており、画面サイズやオーディオの圧縮率を変更することはできない。

これらの課題を解決するためには、できるだけ少ないエンコード用マシンで動作し、かつ視聴者の多様な環境に対応したエンコーディング方式が必要となる。

(2) 切れ目のない広告動画挿入

配信映像に切れ目なく広告動画を挿入して配信する際に、従来は、映像と広告動画を1本の映像に編集していた。この方式には以下のような3つの課題がある。

第1に、動画を蓄積するディスク容量が少なくとも2倍必要である。

第2に、サイト運営者の運用稼働がかかる。その理由は、新規に配信するたびに動画を再作成する点と、元の動画映像や広告動画の他に、配信用動画画像も管理する点にある。

第3に、広告を差し替えるような急な変更への対応が困難である。その理由は、配信用動画画像を個別に作成しているため、配信に変更できない点にある。

ディスク容量や運用稼働をできるだけ少なくし、急な変

更にも対応可能な切れ目のない広告挿入を実現する要求条件は以下の通りである。

(a) ディスク使用量、運用稼働の軽減

あらかじめ配信用動画画像を用意せず、配信時に配信動画を決定する方式が必要である。

(b) 配信順番を柔軟に変更可能

番組配信中に、挿入する広告動画の急な差し替えが起きた場合でも、配信を中断することなく広告動画を変更できる必要がある。

(3) 遅延のない同期コンテンツ表示

放送型の配信サービスにおける一般的な同期コンテンツ配信方式を図1に示す。ストリームサーバは配信するストリームに同期コンテンツのURLを指定したスクリプトを挿入する。クライアントはスクリプトを受信すると同期コンテンツを配信するWebサーバへHTTPリクエストを送信し、その結果、同期コンテンツを受信する。

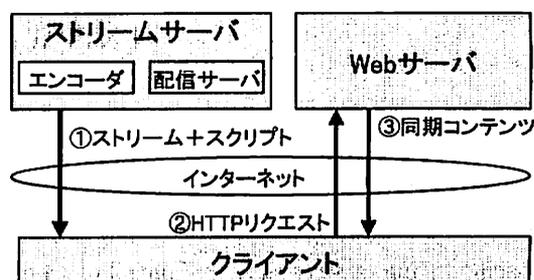


図1 一般的な同期コンテンツ配信方式

同期コンテンツを配信するサービスでは、サービス提供者が同期表示を設定したタイミング（以下、同期表示タイミング）でクライアントに同期コンテンツを表示することが望ましい。しかし、図1に示す配信方式では、クライアントがHTTPリクエストを送信し、同期コンテンツを受信するまでの遅延時間が生じる。（図2）この遅延時間の大小は、以下の2つの要因に依存する。

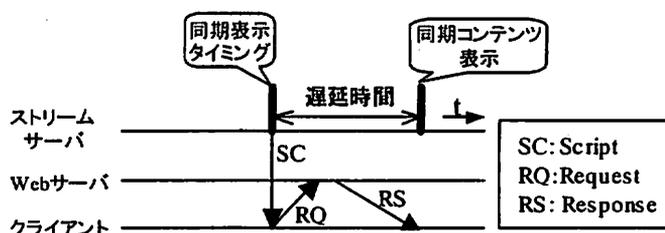


図2 遅延時間

(a) ネットワークの輻輳

ファイルの大きさや、ネットワークの回線利用率に比例して、同期コンテンツの受信時間が増加する。

(b) Web サーバへの同期アクセス集中

Web サーバへのアクセスが集中した場合、Web サーバの応答に遅延が生じる。

遅延時間を短縮し、最適なタイミングで同期コンテンツを表示するシステムへの要求条件を以下に示す。

(a) ネットワークに対する依存を低減

ネットワーク輻輳下において同期コンテンツの配信サービスを提供した場合、同期表示タイミングから著しく遅れて同期コンテンツが表示される。よって、できるだけネットワーク状況に左右されない同期コンテンツ配信方式が必要である。

(b) Web サーバへのアクセスの平均化

テレビのようなブロードキャストを前提とした放送型サービスでは、複数のクライアントが同時に同じストリームを視聴する。つまり、視聴している全てのクライアントが一斉に同じ同期コンテンツへの HTTP リクエストを送信する。そのため Web サーバへのアクセスがバースト的に発生し、サーバの応答に遅延が生じる。よって、同期表示タイミングにおける Web サーバへのアクセス集中を平均化する必要がある。

3. 要求解決のための技術

ここでは、多様な環境の視聴者に対応、切れ目のない広告動画挿入、遅延のない同期コンテンツ表示といった要求を解決するために検討・開発した3つの技術について説明する。

3.1. 複数エンコーダ同時制御

2章で述べたように、多様な視聴者環境に対応する場合、複数台のエンコーダが必要になる。例えば、WMTとRealの2種類の配信形式で、ブロードバンド向けとナローバンド向けの2種類のストリームをエンコードする際には、4台のエンコーダが必要になる。そこで我々は、このような従来複数台必要であったエンコード作業を1台のエンコーダで実現できる複数エンコーダ同時制御機能を開発した(図3)。本機能は内部的にエンコーダを並列に動作させ、かつ一元管理することで実現している。100個までのコンフィギュレーションを定義可能で、そのそれぞれに異なる動画プレイヤー、異なるビットレート、異なる画面サイズな

どを記述できる。本機能への入力は、動画画像が MPEG1、音声は MP3 である。以下では複数エンコーダ同時制御の主な機能について説明する。

(1) プレイヤ選択機能

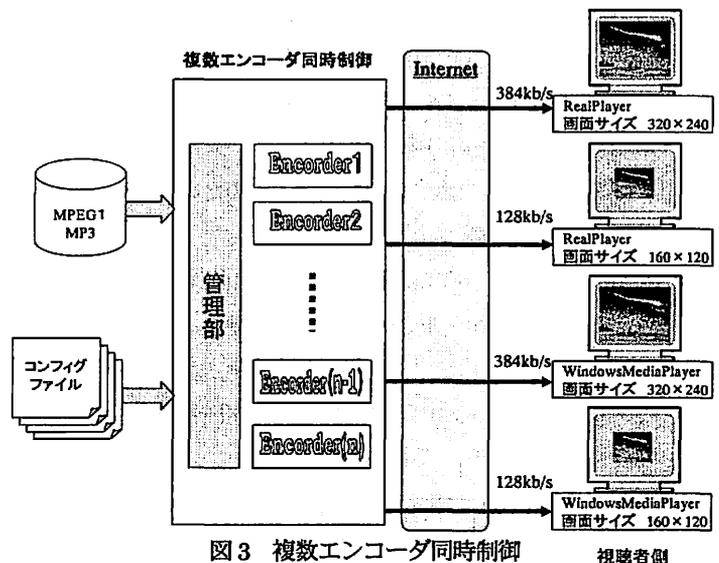
WMT (WindowsMediaTechnology) と Real (Real System G2) の2種類の配信形式をサポートする。これらの形式をサポートすることでインターネットユーザの約90%をカバーすることができる。

(2) 複数ビットレート選択機能

Intelligent Stream 技術、Sure Stream 技術をサポートすることで、視聴者は特に意識することなく、適切なビットレートで視聴することができる。

(3) ビデオサイズ選択機能

配信用ファイルの幅、高さ、フレーム数を設定する。この機能により、1つの動画コンテンツを複数の異なる画面サイズに変換できる。例えば、ADSL回線を利用している視聴者は大きい320*240の画面サイズで、ISDN回線を利用している視聴者は小さい160*120の画面サイズで視聴することができる。



3.2. 動的広告挿入

あらかじめ配信用動画像を用意せずに、切れ目なく広告を動画像に挿入するために、動的広告挿入機能を開発した。本機能は、エンコーダを制御することによって実時間で動画像と広告動画を切り替えることで実現している。通常、動画を連続再生する際には、エンコーダに対してあらかじめ配信リストを渡し、順番にエンコードを行う。しかし本機

能は、エンコーダの手前にスタックと呼ばれるエンコーダへの入力ファイルを管理する機構を置き、配信順番を制御する。図4のように、10:00に番組Aの配信を開始し、視聴者側ではシーンaが再生される。広告枠の直前で動画を一時停止し、広告αの配信に切り替える。広告αの配信終了後、一時停止中の動画の続きを配信し、視聴者側ではシーンbが再生される。

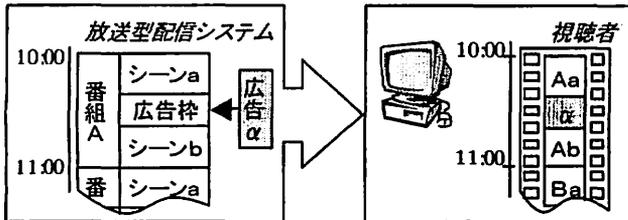


図4 広告挿入イメージ

3.2.1. 動作手順

ここでは、スタックの概念を中心に動的広告挿入の動作手順について説明する。スタックは一番上の動画を再生し、それ以外は一時停止状態にし、再生が終わるとスタックから削除するというルールで活用する。本方式の機能フローを示す(図5)。

- ① 10:00:00 に番組 A の配信開始予定のため、スタックに動画 A の情報を格納する
- ② エンコーダに動画 A のファイルを送り、エンコーディングを開始する
- ③ 10:13:00 に広告の配信開始予定のためスタックに広告動画 α の情報を格納する
- ④ エンコーダに動画 A の一時停止命令を行い、広告動画 α のファイルを送り、エンコーディングを開始する
- ⑤ 10:13:20 広告動画 α のエンコーディング終了するため、スタックから広告動画 α の情報を削除し、動画 A の一時停止解除命令を行う。

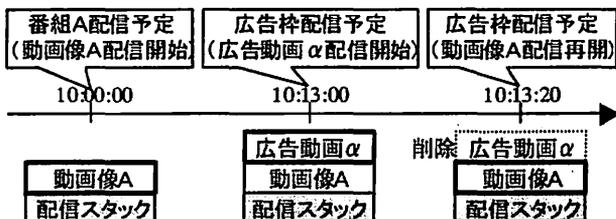


図5 スタックを利用したエンコーダ制御

3.2.2. 動的広告挿入の効果

本方式は、動画と広告動画を合成した動画を作成しない。エンコーダの制御によって、配信直前に動画や広告を選択することができる。よって、以下のような効果がある。

- (1) あらかじめ配信用動画を作成する従来方式と比べて、動画コンテンツの再利用率が上がれば上がるほどディスク使用量が減少する。
- (2) 2章で述べたように従来手法では番組を配信するためにサイト運営者は3つの手順を行う必要がある。しかし本方式では挿入する広告動画を指定するだけでよいので、サイト運営者の負担が少ない。
- (3) 番組配信中に、挿入しようとする広告動画の急な差し替えが起きた場合でも、配信を中断することなく広告動画を変更することが可能である。

3.3. オンタイム同期コンテンツ表示

2章で述べた同期コンテンツの表示遅延を解消するために、以下のような方式を採用した。

(1) 同期コンテンツの先読み

あらかじめ同期コンテンツを受信しておき、同期表示タイミングにはネットワークを経由せずクライアントのキャッシュに保存されている同期コンテンツを表示する。よって、遅延時間はディスクアクセス時間のみとなる。(図6)

(2) Webサーバへの同時アクセスの軽減

従来方式で同期表示タイミングに Web サーバへのアクセスが集中したのは、図2の様にストリームサーバからの指示により同期コンテンツを要求する点にある。そこで、クライアント側で同期コンテンツを要求するタイミングを決定する方式を採用する。クライアントは同期コンテンツの URL と表示タイミングを1つにしたシナリオを受信し、そのシナリオに記述された表示タイミングを基に同期コンテンツを要求するタイミングを決定する。このタイミングを、シナリオに記述された同期表示タイミングからクライアント毎に異なる数値分シフトさせることにより、各クライアントが Web サーバへ異なるタイミングで同期コンテンツを要求でき、同時アクセスを軽減することが可能になる。

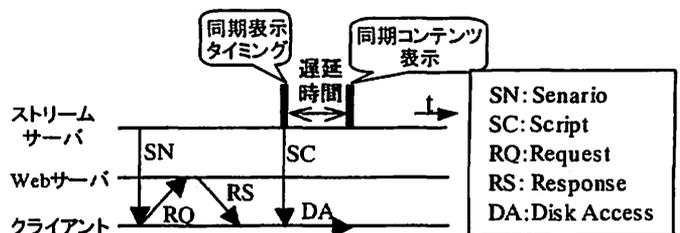


図6 同期コンテンツ先読み方式により発生する遅延時間

3.3.1. 動作手順

映画コンテンツに連動させ Web コンテンツを同期表示する映画配信サービスを例に動作手順の説明をする。

映画配信サービスでは視聴ページのストリームフレームに映画コンテンツを表示する。また、その映画コンテンツに連動した Web コンテンツを同期コンテンツフレームに表示する。なお、視聴ページには隠しフレームを用意する。この隠しフレームは事前に Web コンテンツを受信する為のフレームであり、視聴者に対して表示しない。以下に処理フローを示す(図 7)。

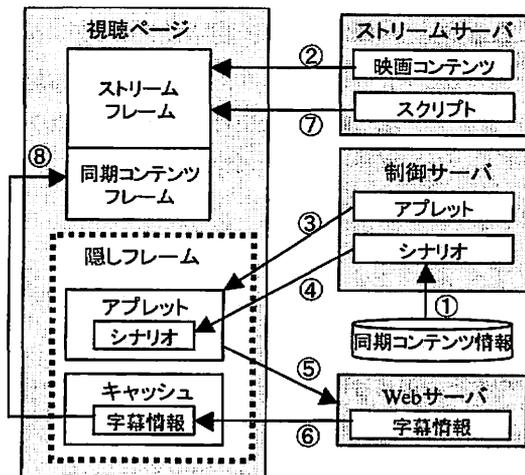


図 7 処理フロー

- ① 制御サーバは各動画像の同期コンテンツ情報が格納されている同期コンテンツ情報 DB から映画コンテンツのシナリオを作成する。そのシナリオには、各字幕情報の URL と、その字幕情報の同期表示タイミングが記述されている。
- ② ストリームフレームに映画コンテンツを配信する。
- ③ 隠しフレームにアプレットを受信する。アプレットは、Web サーバへの同時アクセス数を軽減する方式を実現するためのアプリケーションである。
- ④ アプレットが映画コンテンツのシナリオを受信する。
- ⑤ アプレットはシナリオに記述された同期表示タイミングから時間幅 α 値早いタイミングで隠しフレームに該当する字幕情報を受信するリクエストを送信する。 α 値はアプレットが決定するランダムな数値である。
- ⑥ 隠しフレームに受信した字幕情報をキャッシュに保存する。
- ⑦ ストリームサーバはシナリオに従って同期表示タイミングにスクリプトを配信する。

- ⑧ ストリームフレームにスクリプトイベントを受信すると、キャッシュに保存された該当する字幕情報を同期コンテンツフレームに表示する。

3.3.2. オンタイム同期コンテンツ表示の効果

本方式の効果を図るために、プロトタイプを作成し、従来方式と本方式を比較評価した。効果の比較は、同期コンテンツを表示する際の遅延時間の大小によって行った。実験条件は以下の通りである。10Base-T のネットワーク環境において、異なるサイズの同期コンテンツを配信する。その環境で、クライアントに表示される同期コンテンツの表示遅延時間を計測する。図 8 に、遅延時間の比較結果を示す。

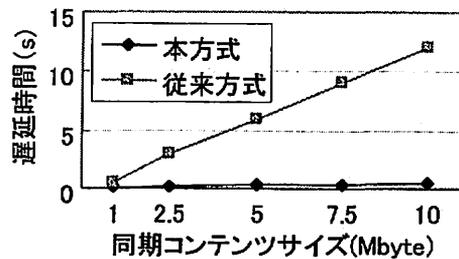


図 8 同期コンテンツの表示遅延時間

この結果より、本方式はファイルサイズの大きな同期コンテンツを受信するようなネットワーク輻輳下においても最適なタイミングで同期コンテンツを表示することを確認できた。例えば、10M Byte のコンテンツを配信した場合は約 20 倍の効果がある。なお、従来方式の遅延時間が同期コンテンツサイズに比例して増加するのは、クライアントがスクリプトを受信した時点で同期コンテンツを取得しているためである。本方式は、インターネットなど回線速度が不安定な環境において、映画の字幕表示のような動画像に対する同期コンテンツの表示に遅延が許されないサービスに適している。また、従来方式では著しい表示遅延が発生するためサービス提供が困難だった高精細な静止画像を同期配信するサービスも実現可能と考えられる。

4. 放送型ストリーム配信システムの構成

動的広告挿入、複数エンコーダ同時制御、オンタイム同期コンテンツ配信の各機能を実装することにより、インタラクティブ性を考慮した放送型ストリーム配信システム

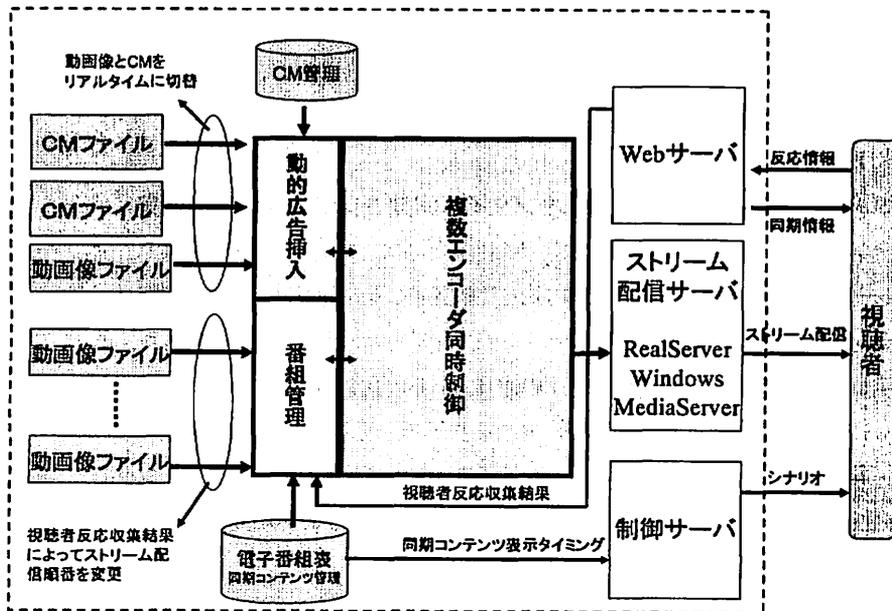


図9 システムの概要

に映像のサイズは視聴者の環境に対応している。画面右と左下は同期コンテンツである。画面右ではアンケートを行い、左下では映像のタイトル等の詳細情報を配信している。

これによって、(1)ナローバンドユーザ、ブロードバンドユーザ別の帯域に応じた映像を配信し、(2)映像の各シーンに対して遅延なく詳細情報を配信し、(3)映像に関連する視聴者からのアンケート情報をリアルタイムで収集し番組予定を動的に変更可能なインタラクティブサービスが実現できる。



図10 視聴者用画面

を構築した。図9はシステムの概要である。番組管理は、電子番組表に従って動画のストリーム配信を行いつつ、制御サーバから最適な同期コンテンツ表示タイミングを送信する。その際、複数エンコーダ同時制御は視聴者環境にマッチしたビットレートや画面サイズでエンコードの指示を出す。また、ストリームの任意の位置に動的広告挿入によって広告を挿入する。さらに、投票などの視聴者の反応情報を収集し、その結果をリアルタイムで番組に反映できる。

図10は受信環境の異なる視聴者の画面である。視聴者画面では番組が始まると左上に映像が流れる。映像の途中にはTVCMのように切れ目なく広告が配信される。さら

5. おわりに

本論文では、遅延なく同期コンテンツを視聴者端末に表示し、映像に対して切れ目なく広告動画を挿入し、多様な環境下の視聴者にできるだけ少ない設備で対応できる放送型のストリーム配信システムについて述べた。オンタイム同期コンテンツ表示は、10M Byteのコンテンツを配信時に従来手法に比べて約20倍の効果があった。また、動的広告挿入による動画コンテンツの再利用率の増加とともに、ディスク使用率と運用稼働を減少することができた。さらに、複数エンコーダ同時制御はエンコーダマシン台数の削減効果があることを示した。今後は、テスト運用によりシステムの性能、既存システムへの適用性などについて検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 総務省:平成13年情報通信白書,P27,P41, 2001
- [2] 加来田,内山,他:“ストリームとの同期連動を考慮したコンテンツ配信方式”,情報処理学会第62回全国大会,8U-02(2001)
- [3] 日浦,須山:“1つのエンコーダで複数のストリームを生成する視聴者環境適応型配信システム”,NTT技術ジャーナル,Vol.14 No.6,pp78-80(2002)
- [4] 中川,内山,他:“放送型配信システムにおける動画画像切替手法”,情報処理学会第64回全国大会,6Z-01(2002)
- [5] 内山,日浦:“ネットワーク遅延を考慮したストリーム連動型コンテンツ配信方式”,情報処理学会第64回全国大会,5J-04(2002)