

分散ストリーミングサーバ連携による マルチキャストビデオオンデマンドの提案

岩田 浩真[†] 中沢 実[†] 千石 靖[†] 服部 進実[†]

[†]金沢工業大学工学部

〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1

E-mail: †{nakazawa, sengoku, hattori}@infor.kanazawa-it.ac.jp

あらまし インターネット上で音声や動画の配信伝送コストを減らす方法としてマルチキャストストリーミングがある。一般的にマルチキャストストリーミングでは同じ音声や動画を多数の利用者に配信するライブ配信に用いられるが、ビデオオンデマンドに適用される事例は少ない。そこで我々が開発したコンテンツルーティングシステムにより、マルチキャストビデオオンデマンドを実現させた。しかしマルチキャスト未対応ネットワークではマルチキャストストリーミングを行うことができない。本稿ではストリーミングサーバの連携によってマルチキャスト未対応ネットワークの問題を回避し、広域で利用できるマルチキャストビデオオンデマンドの提案を行う。

キーワード マルチキャスト, ビデオオンデマンド, コンテンツルーティングシステム

A Proposal of Multicast Video on Demand using Cooperation of Distributed Streaming Server

Kooshin IWATA[†], Minoru NAKAZAWA[†], Yasushi SENGOKU[†], and Shimmi HATTORI[†]

[†]Faculty of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

7-1 Ogigaoka, Nonouchimachi, Ishikawagun, Ishikawa, 921-8501

E-mail: †{nakazawa, sengoku, hattori}@infor.kanazawa-it.ac.jp

Abstract Multicast is one of the major methods used to reduce the delivery cost over the Internet. However, it is generally used in live broadcasting rather than in on-demand applications. Therefore, we implemented the multicast video on demand using an independently developed contents routing system. However, the multicast streaming cannot be done on the multicast uncorrespondence network. In this paper, we avoid the problem of multicast uncorrespondence network according to cooperation of the distributed streaming server. As a result, the implement of the multicast video on demand which was able to be used for the large area became possible.

Key words Multicast, Video on Demand, Contents Routing System

1 はじめに

インターネットのブロードバンド化に伴いWWWやE-mailなどのテキストコンテンツだけでなく、音声や動画といったマルチメディアコンテンツを用いたコンテンツ配信サービスが行われるようになった。その中でもビデオオンデマンド (Video on Demand) はホームエンターテイメント, デジタルアーカイブ, ムービーオンデマンド, 遠隔授業, 遠隔会議, インターネットショッピング, 医療情報サービスなど様々な分野での活用が期待されている。

しかし, 映像を含むマルチメディアコンテンツをビデオオンデマンドで配信するためには, 大容量で連続的に安定したエンドツーエンドのネットワーク帯域を確保する必要がある。また, クライアントからのコンテンツ要求が多くなるとサーバやネットワークの負荷が処理能力を超え, サービスの遅延や停止が発生する。このため, 利用者に対して十分な品質のサービスを提供するためには, 高性能なサーバや広帯域なネットワークが必要になり, 利用者あたりのコンテンツ配信コストが高くなる。よって, 安価なコンテンツ配信サービスを提供するには, 利用者あたりのコンテンツ配信コ

ストを低くする配信アーキテクチャが必要である。

新しい配信アーキテクチャの試みとして、マルチキャストビデオオンデマンド (MVOD: Multicast Video on Demand) (以下, MVOD) やオンデマンド P2P ストリーミングなどがある。MVOD は IP マルチキャスト (以下, マルチキャスト) を用いてビデオオンデマンドを実現するもので、マルチキャストの持つ効率性を適用したものである。オンデマンド P2P ストリーミングは CDN (Contents Delivery / Distribution Network) と同様にアプリケーションレイヤマルチキャストだが、CDN と異なる点はクライアントがストリーム受信機能だけでなく本来サーバが持つビデオオンデマンド配信機能を備えており、配信を専門とするサーバを必要としない配信モデルを確立できるところである。P2P を用いたモデルではサーバに求められる負荷をクライアントに分散することができる。しかし、コンテンツ配信自体はユニキャストストリームによって行われるため、CDN に比べネットワーク資源を消費する。また、専用サーバと比較したクライアント端末の不安定性を無視できないばかりか、コンテンツがクライアント側に蓄積されるため、コンテンツの違法コピーや改ざんなど著作権保護の観点からビデオオンデマンド配信ビジネスには不向きとされている。このため、本稿では配信アーキテクチャとして MVOD をとりあげる。

MVOD では、サーバからクライアントまで IP レベルのマルチキャストで通信できることが前提となっている。しかし、現状では Mbone など実験的にマルチキャストネットワークがインターネット上に構築されているだけである。このため、実用レベルのマルチキャストネットワークは組織内でのみ利用可能であり、組織間をまたがった広域 MVOD サービスを提供することは困難である。

本稿では、我々が独自に開発したコンテンツルーティングシステム (CRS: Contents Routing System) [1] を用いて分散ストリーミングサーバの連携を行い、マルチキャスト未対応ネットワークの問題を回避した MVOD 環境の提案手法について述べる。

第 2 章で MVOD について、第 3 章で CRS について、第 4 章で分散ストリーミングサーバ連携による広域マルチキャストストリーミングの提案、第 5 章にまとめと今後の予定について説明する。

2 マルチキャストビデオオンデマンドについて

本章では、まずビデオオンデマンドにマルチキャストを適用する仕組みについて説明し、さらに仲介システムを用いた MVOD の方法について説明する。

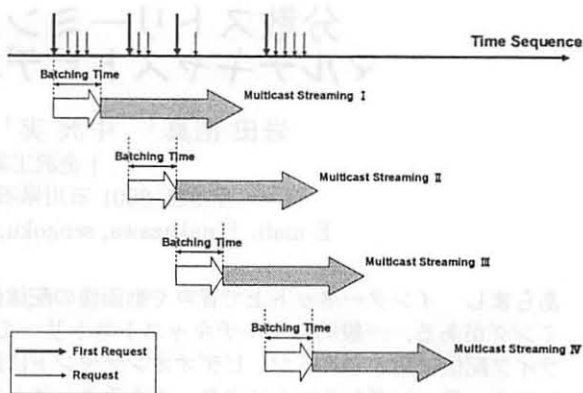


図 1: バッチングの概念図

2.1 マルチキャストを適用する仕組み

既存のマルチキャストストリーミングでは、同じコンテンツを視聴する複数のクライアントをグルーピングしてマルチキャストグループを作成し、ストリーミングサーバから 1 つのマルチキャストストリームでコンテンツ配信を行う。このため、ビデオオンデマンドを行うためには同じ時刻に複数のクライアントがマルチキャストグループに参加する必要がある。しかし、様々な時刻にアクセスするビデオオンデマンドには不向きとされていた。

そこで、MVOD を実現するため、時間軸上でクライアントをグルーピングするバッチング (Batching) [2] を行う。バッチングでは、ある一定時間内に同じコンテンツを要求するクライアントを同じマルチキャストグループに参加させ、一定時間が経過すると 1 つのマルチキャストストリームでコンテンツ配信を開始する。これより、ある一定時間をバッチング時間と呼ぶ。

図 1 に、バッチングの概念を示す。バッチングでは、最初のコンテンツ要求があつてから、バッチング時間後にマルチキャストストリームでコンテンツ配信を開始する。図では 14 回のコンテンツ要求を 4 つのマルチキャストストリームに分けてコンテンツ配信が行われている。バッチング時間中にどれだけ多くのコンテンツ要求があつたとしても、1 つのマルチキャストストリームでコンテンツ配信を行えるため、ユニキャストストリーミングと比較してストリーミングサーバが処理しなければならないセッション数とネットワーク伝送量を大幅に削減でき、ビデオオンデマンドシステムの収容可能ユーザ数を向上させることができる。

バッチングを用いると MVOD が実現可能であるが、クライアントに対してバッチング時間という遅延を与えるため、性格には NVOD (Near Video on Demand) [3] とよばれる分類になる。また、バッチング時間が長いほどビデオオンデマンドシステ

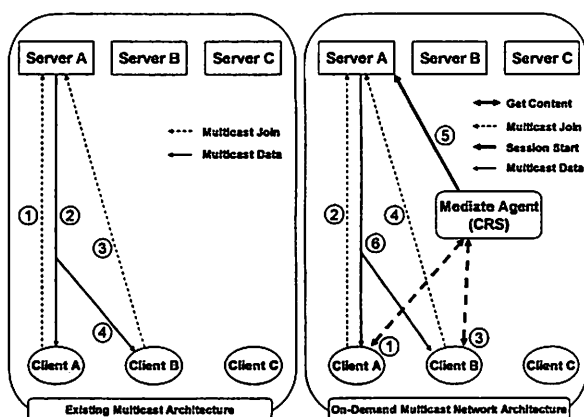


図 2: 仲介システムによる MVOD

ムのスループットが向上し、短いほどクライアントに対する即時性が向上するというトレードオフが存在する。

2.2 仲介システムによる方法

バッチングはストリーミングサーバ上での実装を前提としているため、ストリーミングサーバにバッチング機能の追加が必要であり設備コストが高くなる。複数ストリーミングサーバ環境でコンテンツ配信を行う場合には、全ストリーミングサーバに対して機能追加が必要であるため、特に設備コストが高くなる。また、ストリーミングサーバに複雑な処理を行わせなければならないため、サーバ負荷が高くなる恐れもある。

そこで、仲介システムを用いてバッチングを行う手法を採用する。仲介システムは、ストリーミングサーバとクライアントを仲介し、バッチングを用いた MVOD を実現させる。図 2 に、既存マルチキャストストリーミングと仲介システムによるマルチキャストストリーミングの動作を示す。

既存のマルチキャストストリーミングでは、クライアント A がマルチキャストグループに参加すると、その時点でマルチキャストストリームを受信する (左図①, ②)。その後、クライアント B が同一のマルチキャストグループに参加すると、すでに配信されているマルチキャストストリームの途中から受信する (左図③, ④)。つまり、クライアント A とクライアント B が同一マルチキャストストリームの受信をするには、同時刻にマルチキャストグループに参加する必要がある。クライアントからのリクエストは様々な時点で発生するため、同時刻にリクエストさせることは難しい。

仲介システムによるマルチキャストストリーミングでは、クライアント A は仲介システムにリク

エストを行い、仲介システムはクライアント A に対してマルチキャストグループへ参加させるためのリダイレクトを行う (右図①, ②)。この時点ではマルチキャストストリーミングは開始されておらず、クライアント A がマルチキャストグループに参加しただけである。続いてクライアント B が仲介システムにリクエストを行い、同様にマルチキャストグループへのリダイレクトを行う (右図③, ④)。仲介システムはバッチング時間だけ待機した後、サーバ A に対してマルチキャストストリームの送信開始を指示する (右図⑤)。サーバ A は仲介システムの指示を受けてマルチキャストストリームを送信する (右図⑥)。仲介システムによってクライアント A と B は同時にマルチキャストストリームを受信することが可能となり、マルチキャストビデオオンデマンドを実現することができる。

3 コンテンツルーティングシステムについて

MVOD を実現させるための仲介システムとして、我々が独自に開発した CRS を用いる。本章では、CRS を用いた MVOD 環境の構成とその動作を説明する。

3.1 仕様

CRS とは、アプリケーションレイヤでリクエストルーティングを行うシステムであり、クライアントとストリーミングサーバの仲介を行うことにより MVOD を実現する。

ユニキャストストリーミングで行われる既存のビデオオンデマンドでは、クライアントとストリーミングサーバ間の通信だけでコンテンツ配信が行われる。クライアントがコンテンツ要求を直接ストリーミングサーバに送ることで、ユニキャストストリームで配信が開始される。つまり、クライアントからのコンテンツ要求がコンテンツ配信開始の動機となっている。

CRS を用いた MVOD では、クライアントのコンテンツ要求はストリーミングサーバに直接到達しないため、CRS がストリーミングサーバにコンテンツ配信開始を要求する必要がある。マルチキャストストリーミングはライブ配信向けでありオンデマンド配信については想定されていないため、クライアントからのコンテンツ要求を動機とするコンテンツ配信開始の仕組みがない。よって、CRS とストリーミングサーバ間ではコンテンツ配信開始の要求についてのやり取りが最低限必要となる。

CRS はクライアントがマルチキャスト対応ネッ

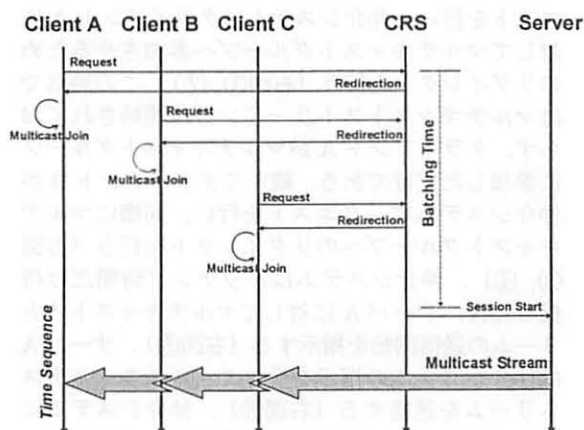


図 3: CRS の動作シーケンス

トワークにある適切なストリーミングサーバさえ選択できればマルチキャスト未対応ネットワークに配置できる。しかし、クライアントとストリーミングサーバ間はマルチキャストストリーミングを行うため、マルチキャスト対応ネットワークでなければならない。

3.2 動作概要

CRS の動作を図 3 に示す。ただし、図中のクライアント A, B, C はそれぞれ同一コンテンツ要求をしたものとする。また、各クライアントの CRS への割り当ては Web ページのリンクや DNS などの何らかのリクエストルーティングシステムによって行われたものとする。

CRS は、クライアントからのコンテンツ要求を受信するとストリーミングサーバを独自アルゴリズムによって導出し、クライアントをマルチキャストグループ参加させるためにリダイレクトする。クライアントは CRS の指示通りにマルチキャストグループに参加する。CRS はバッチング時間が終了次第、ストリーミングサーバに対してコンテンツ配信開始の要求をする。ストリーミングサーバは CRS からコンテンツ配信開始の要求を動機にマルチキャストストリームでコンテンツ配信を行う。

1 つのマルチキャストグループごとに 1 つのマルチキャストアドレスが必要である。このため、ストリーミングサーバおよびコンテンツの割り当てはマルチキャストグループ参加時のリダイレクトによって行われる。

CRS はアプリケーションレイヤで動作し、あくまでもマルチキャストを利用するシステムであり、マルチキャストプロトコルとは独立している。クライアントがマルチキャストグループに参加する時の挙動や、参加した後のマルチキャストツリー

の作成方法、ストリーミングサーバからクライアントまでのマルチキャストストリームの配信方法など、マルチキャストプロトコルに密接にかかわる部分は CRS の及ぶ範囲ではない。このため、マルチキャストプロトコルとは独立した運用が可能である。

4 広域マルチキャストストリーミングの提案

広域マルチキャストストリーミングは、CRS を用いた分散ストリーミングサーバの連携を行い、マルチキャスト未対応ネットワークの問題を回避して実現する。本章では、広域マルチキャストストリーミングによって広域 MVOD 環境を実現するための構成とその動作について説明する。

4.1 既存コンテンツ配信サービスの問題点

既存のコンテンツ配信サービスでは、ユーザごとにユニキャストストリームでコンテンツ配信を行うため、1 つのストリーミングサーバあたり配信できるストリーム数が決まっている。多くのクライアントが利用するためには、それに見合った数だけストリーミングサーバを設置し、配信ストリーム数分だけ伝送帯域を確保する必要がある。また、各ストリーミングサーバに同一コンテンツを配置する必要があり、ディスクスペースを大量に消費する問題がある。

分散配置したストリーミングサーバをクライアントが選択するには、サーバ選択機構が必要である。サーバ選択機構は、ストリーミングサーバのコンテンツを把握し、ポリシーに従って負荷が少ないストリーミングサーバを選択する。このサーバ選択機構によって、クライアントは適切なストリーミングサーバからコンテンツ配信が行われ、コンテンツ配信サービスを利用することができる。

既存コンテンツ配信サービスでは、ユニキャストストリームでコンテンツ配信が行われるため、ストリーミングサーバの位置に依存することなくサーバを選択できる。これは利点ではあるが、サーバ選択ポリシーによってはネットワーク的に遠くのサーバが選択される可能性があり、コンテンツ配信の伝送負荷の影響範囲が広がる恐れもあるため、負荷の影響範囲を広げずに局所化する必要がある。

マルチキャストストリーミングでは、ストリーミングサーバからマルチキャストストリームでコンテンツ配信が行われるため、全ネットワークがマルチキャスト対応でなければならない。マルチキャスト未対応ネットワークがある場合は、マル

チキャストストリームでコンテンツ配信が行えず、伝送コストの高いユニキャストストリームでコンテンツ配信する必要がある。

そこで、クライアントに対してマルチキャストストリームでコンテンツ配信可能なストリーミングサーバを選択する必要があるため、サーバ選択機構が重要になる。また、ストリーミングサーバを広域分散配置して、より多くのクライアントにマルチキャストストリームでコンテンツ配信可能な環境が必要である。しかし、同一コンテンツを配置したストリーミングサーバを広域分散配置するには高コストになり、一組織だけですべてをカバーすることは不可能である。

4.2 分散ストリーミングサーバの連携による改善策

コンテンツ配信と中継を行うストリーミングサーバをプロバイダ等の複数組織で広域分散配置し、各ストリーミングサーバの連携を行うことで広域マルチキャストストリーミングを実現させる方法を提案する。

すなわち、ユーザ側にもっとも近いプロバイダ等にストリーミングサーバを設置することで、マルチキャストストリームでコンテンツ配信が可能になる。

そして、中継機能を持ったストリーミングサーバによって、ユニキャストストリームからマルチキャストストリームに変換して再配信できる。マルチキャスト未対応ネットワークを挟んでストリーミングサーバを配置することにより、この間はユニキャストストリームでコンテンツ配信を行い、中継機能付きストリーミングサーバからクライアントへはマルチキャストストリームでコンテンツ配信できる。このため、広域マルチキャストストリーミングを行うことが可能になる。

4.3 広域マルチキャストストリーミングの利点

コンテンツの集中 コンテンツを保持したストリーミングサーバから中継機能付きストリーミングサーバを経由してクライアントへコンテンツ配信されるため、中央ストリーミングサーバにコンテンツを集中できる。コンテンツが集中することによって同一コンテンツを配置したストリーミングサーバが少なくなり、ディスクスペースを効率的に使用することができる。また、人気の高いコンテンツは中央部の伝送負荷を減らすために、クライアントに近いストリーミングサーバに配置することも可能となる。

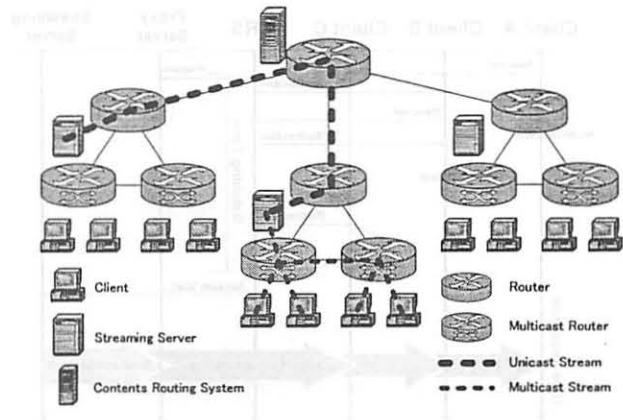


図 4: 広域マルチキャストネットワークの概念

マルチキャストに依存しないストリーミングサーバ間はユニキャストストリームでコンテンツ配信されるため、マルチキャストネットワークに依存しない。マルチキャスト未対応ネットワークの組織間でも中継機能付きストリーミングサーバを設置するだけで、マルチキャストストリーミングを実現できるため、適用性が高いといえる。

負荷の局所化 ストリーミングサーバからクライアントまでがマルチキャスト未対応ネットワークの場合も、中継機能付きストリーミングサーバまでは1つのストリームでコンテンツ配信を行う。そして、各クライアントへは、それぞれユニキャストストリームで再配信することでアプリケーションレイヤマルチキャストとなり、伝送負荷の局所化が可能になる。

4.4 コンテンツルーティングシステムによる広域マルチキャストストリーミング

ストリーミングサーバの連携によって広域マルチキャストストリーミングを実現させるためには仲介システムが必要である。CRSはMVODのためにストリーミングサーバとクライアントの仲介を行うシステムである。ここでは、CRSにストリーミングサーバと中継機能付きストリーミングサーバの仲介機能を持たせることによって広域マルチキャストストリーミングを実現する。

CRSを用いた広域マルチキャストストリーミングの概念を図4に示す。図中には、左・中央・右の3つのネットワークがあり、それぞれマルチキャスト未対応ルータで結ばれている。各クライアントを収容しているエッジ・ルータはマルチキャストに対応しており、近くにあるストリーミングサーバ

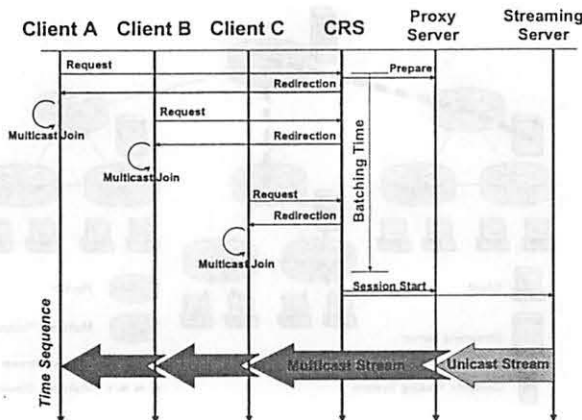


図 5: 分散ストリーミングサーバ連携の動作シーケンス

バからマルチキャストストリームでコンテンツ配信が可能である。

中央ネットワークのクライアント 4 台が同一のコンテンツ要求を出し、CRS によりサーバ選択が行われる。ここでは、要求されたコンテンツが左ネットワークのストリーミングサーバにのみあるものとする。コンテンツ配信は、左ネットワークのストリーミングサーバから中央ネットワークの中継機能付きストリーミングサーバへユニキャストストリームで行われる。そして、中央ネットワークのストリーミングサーバからクライアントへはマルチキャストストリームで再配信が行われる。

4.5 分散ストリーミングサーバ連携の動作概要

広域マルチキャストストリーミングによって広域 MVOD を実現する CRS の動作を図 5 に示す。ただし、図中のクライアント A, B, C とストリーミングサーバ間にマルチキャスト未対応ネットワークがあるものとする。

CRS は、クライアントからのコンテンツ要求を受信するとストリーミングサーバを決定する。ここで、ストリーミングサーバからマルチキャストストリーミングできない場合は、クライアントに対してマルチキャストストリーミングが可能なストリーミングサーバを検索し、それを中継ストリーミングサーバとする。そして、中継ストリーミングサーバにコンテンツ中継準備を指示する。その後はバッティング等通常の動作を行う。バッティング時間が経過するとコンテンツストリーミングサーバと中継ストリーミングサーバに対してコンテンツ配信開始の要求を行う。ストリーミングサーバから中継ストリーミングサーバまではユニキャスト

ストリームで配信されるが、中継ストリーミングサーバから各クライアントへはマルチキャストストリームで配信を行う。

ストリーミングサーバから中継ストリーミングサーバまではユニキャストストリームでコンテンツ配信が行われるため、環境に依存せずに配信を行うことができる。中継ストリーミングサーバとクライアント間さえマルチキャスト対応ネットワークであれば、マルチキャストストリームで配信することが可能なため多くのクライアントに対してサービス提供が可能になる。

5 まとめ

本稿では既存コンテンツ配信技術の問題点に言及し、CRS を用いた MVOD による解決策を述べた。また、CRS への機能追加と中継機能付きストリーミングサーバの広域分散配置による広域マルチキャストストリーミングの概要についても述べた。本提案手法は実装が容易であり低コストかつ規模拡張性に優れており、既存 MVOD 技術に対して広域で大規模なビデオオンデマンド配信を可能にするものと考えられる。

今後は、ストリーミングサーバに中継機能を付加し、実ネットワーク上に広域マルチキャストストリーミング環境を構築し、実現できることを確認する。また、CRS を用いた新たな手法の提案等を行っていく。

参考文献

- [1] 池田康, 苗村知明, 胡天成, 中沢実, 服部進実, “オンデマンドマルチキャストネットワークを実現するコンテンツルーティングシステムの提案と実装,” 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, vol.2003, no.19, pp.109-114, 2003 年 12 月.
- [2] A.Dan, D.Sitaram, P.Shahabuddin, “Scheduling Policies for an On-Demand Video Server with Batching,” in Proceedings of ACM Multimedia'94, pp.391-398, Oct. 1994.
- [3] Huadong Ma, Kang G. Shin, “Multicast Video-on-Demand Services,” in ACM SIGCOMM Computer Communication Review Volume 32, Issue 1, pp.31-43, January 2002.