

経路切り替えによる分散 AV ファイルの連続転送制御の提案

A quality keeping of AV file distribution by way of the transmission path switching during the streaming

大崎友義† 小松義幸† 島村和典††

Tomoyoshi Osaki Yoshiyuki Komatsu Kazunori Shimamura

1. まえがき

インターネット利用のコンテンツサービスの中にデジタルデータをネットワーク経由でダウンロードしながら順次再生するストリーミングがある。ストリーミングは一般にサービス時間が長い。SM (Streaming Media) サーバから AV (Audio Visual) ファイルをクライアントへ配信中にクライアント側ではブロックのノイズが多く含まれたり、映像や音声が進んだり遅れたりする場合がある。

本稿では、コンテンツを配信している際にその経路上における隘路の利用可能帯域 ABW (Available Bit Width) を常時監視し、その ABW 値が低下した場合に同じファイルを保持した他の SM サーバに適応的に接続を切り替え、連続視聴させる方式を提案し、評価する。

2. 転送制御方式

提案するシステムは、AV ファイルを保持した複数の SM サーバとインターネットを介してストリーミング再生を要求するクライアントから構成される。さらに SM サーバ制御サーバ (CS:Control Server) 間のパスでの利用可能帯域を常時測定し、この利用可能帯域を基に SM サーバを切り替えて AV ファイルの配送品質を維持する。その利用可能帯域と SM サーバ-CS 間の距離を把握し、適応的に SM サーバを切り替える CS はクライアント側に近いネットワーク上に配置する。なお、コンテンツの配送は CS 経由で行うものとする。本提案方式の全体構成を図 1 に示す。また、図中の MS はモニタリングサーバであり、各 AS (Autonomous System: 自律システム) ごと

以下で、クライアントからの再生 / 停止要求から配信中の経路切り替えについての動作内容を示す。また、以下で出てくるデータベースについては本章で後に記載する"制御サーバ"の"管理情報"で詳細を述べる。

本提案システムは次の ①～⑨ の順序で動作する。

- ① クライアントは CS に対して配信要求を出し、受信待ち状態で待機する。
- ② CS はクライアントからの配信要求を受け、クライアントから要望のあったファイルを保持した SM サーバをデータベースを参照し検索する。そして、適当な SM サーバが複数該当する場合は、その配信経路の利用可能帯域と SM サーバ-CS 間の距離により最適な SM サーバに向けて再生要求を出す。再生要求を受けた SM サーバは要求のあったクライアントに再生を開始する。
- ③ 配信中、CS は各経路の利用可能帯域が閾値未満となった場合、その経路を使った配信が行われているかどうか調べ、配信が行われている際には同じファイルを保持している他の SM サーバが存在するか検索する。そして、適当なサーバが見つければそちらに配信を切り替える。
- ④ 配信切り替えを行うために、まず配信をしていた SM サーバに対して配信停止要求を出す。
- ⑤ 配信停止要求を受けた SM サーバは停止要求のあったクライアントへの配信が行われていることを確認し、配信停止を実行する。続いて配信停止を完了すると、CS へ配信停止完了報告を送る。配信停止完了報告を受信した CS はその停止完了のあったクライアントへの配信管理情報のデータベースに該当するものがあることを確認した上で削除を行う。
- ⑥ 続いて該当する SM サーバに未再生であるフレーム番号からの配信要求を出す。これを受信したサーバは要求のあったクライアントに対しての配信がまだ行われていないことを確認した上で、配信を開始する。こうすることで同じクライアントから複数の再生要求が送られてきたときの対処が可能となる。そして、CS へその配信完了報告を送る。それを受信した CS は配信管理情報のデータベースに該当するものがないことを確認した上で追加する。
- ⑦ これを繰り返すことで、ネットワークの状態に応じて自動で最適な SM サーバに配信を切り替える。
- ⑧ また、クライアントが CS に配信停止要求を出した際には、CS は配信情報のデータベースを参照し、その配信が行われていることを確認できると、配信を行っていた SM サーバに対して配信停止要求を送る。
- ⑨ クライアントからの再生停止要求を CS 経由で受信した SM サーバは、そのクライアントへの再生が行われていることを確認し、そのプロセスを終了させる。終了が完了すると、CS へ配信停止完了報告を送り、CS は配信管理のデータベースからその情報を削除する。

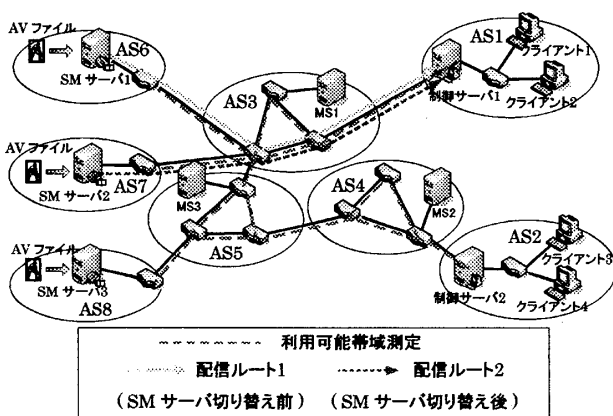


図1 提案するシステムの構成図

† 高知工科大学, KUT

†† 情報通信研究機構, JGN II 高知リサーチセンタ, NICT

上記した動作手順を繰り返すことで、ネットワークの利用可能

帯域の変動によって自動的に配信経路切り替えが可能となり、コンテンツの配送品質が向上できる。

3. 利用可能帯域測定法

制御サーバの機能の一つである利用可能帯域測定法の構成を図2に示す。ネットワーク上のASごとに設置したモニタリングサーバがSNMPを使ってAS内にあるルータからAS内のパスのトラフィック情報を常時モニタリングする。そして、その情報からそれぞれのパスの利用可能帯域を保持する。このサーバはエンドホストから送られてきたプローブパケットに対し、必要に応じて自分の管轄するAS内のパスの利用可能帯域を書き込んで次のASまたは、相手ホストへと中継する機能をもつ。いくつかの中継を経て、相手ホストに到達したプローブパケットを相手ホストが送信元のホストに送り返すことで利用可能帯域を通知する。

この送信元のホストを制御サーバとすることで、受け取った利用可能帯域によって適応的に制御サーバが他のSMサーバに切り替えを行わせる。

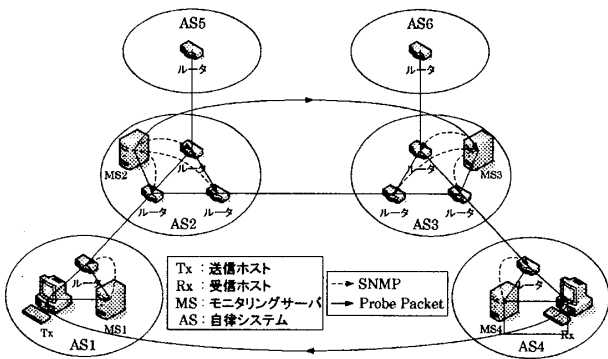


図2 利用可能帯域測定法の構成

4. 制御サーバ

制御サーバは各SMサーバまでの利用可能帯域をリアルタイムに把握する。そして、その帯域値が低下することによってネットワーク上で輻輳が起これ、パケットロスが増加することを予測する。そして、配信中のコンテンツの再生品質が低下してしまう前に同じファイルを保持した他のSMサーバに配信を切り替えるように要求を出す。CSには予め各SMサーバが保持しているファイル情報をデータベース1で管理する。さらに、現在どこで配信が行われているのかを把握する必要があり、配信情報としてデータベース2で管理し、配信情報が変わるたびに更新を行う。配信開始及び切り替えの際にSMサーバ-CS間の経路情報を管理するデータベース3を参照することで最適なSMサーバを特定し、配信要求を送信する。制御サーバの役割を図3に示す。また、切り替えを行う場合の利用可能帯域の閾値と各データベースでの管理情報については次で述べる。

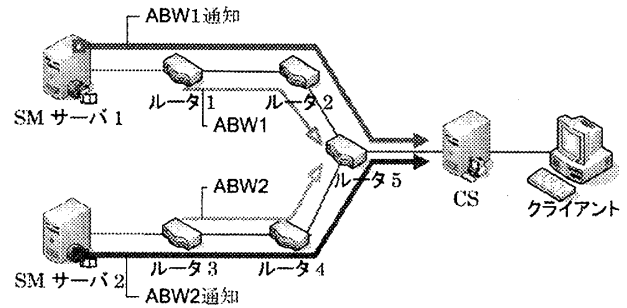


図3 制御サーバの役割

(1) 切り替え閾値

制御サーバは各SMサーバからUDPで送られてきた利用可能帯域を受け取り、その帯域値を比較することで切り替え条件を満たすかどうか判断していく。制御サーバの役割の例を示す図3では、SMサーバ1（ルータ1-ルータ5間）からと、SMサーバ2（ルータ3-ルータ5間）から送られてくる利用可能帯域をそれぞれABW1, 2とする。制御サーバで設定されている閾値を基に、一方のABWの値が閾値を下回った場合に切り替え条件の第一段階を満たしたとし、その経路を使った配信が行われていないか配信情報を管理するデータベース2を参照し確認する。該当するものがあれば切り替え処理へ移行する。

(2) 管理情報

制御サーバで管理する情報について説明する。ファイル情報データベース（DB1）、配信情報管理データベース（DB2）、経路情報管理データベース（DB3）についての管理項目とそれぞれの役割を以下で説明する。

・ DB1 管理情報

- 参照アドレス：他のデータベースからファイル情報を引用するためのアドレス
- SMサーバ名：ストリーミング配信を依頼するSMサーバのIPアドレス
- ファイル名：各SMサーバが保持しているファイル名
- ファイルサイズ (MB)：各ファイルの容量

・ DB2 管理情報

- SMサーバ名：現在、配信を行っているSMサーバのIPアドレス
- ホップ数：制御サーバ - SMサーバ間のホップ数
- 参照アドレス：DB1を参照した配信中のファイル情報
- フレーム番号：クライアントから一時停止要求があった際の停止フレーム番号
- クライアント名：配信先クライアントのIPアドレス

・ DB3 管理情報

- SMサーバ名：ストリーミング配信を依頼するSMサーバのIPアドレス
- ホップ数：制御サーバ - SMサーバ間のホップ数
- ABW (Mbps)：制御サーバ - SMサーバ間の利用可能帯域
- 距離 (ms)：制御サーバ - SMサーバ間の距離

5. 評価方法

再生品質にはパケットロスが大きく関わってくることは明らかである。経路の観測はDVTS (Digital Video Transport System) の

機能を利用してクライアント側にてパケットロスを表示させ、経路切り替えを行わないときと行うときの結果を比較してこのシステムの有効性を実証する。

また、制御サーバには経路切り替え閾値として 40 (Mbps) を設定しておく。さらに、配信経路切り替えを誘発させるために、最初に配信している経路に SMB (Smart Bits) によりバックボーン付加を与える。

今回の性能評価実験環境を図4に示す。

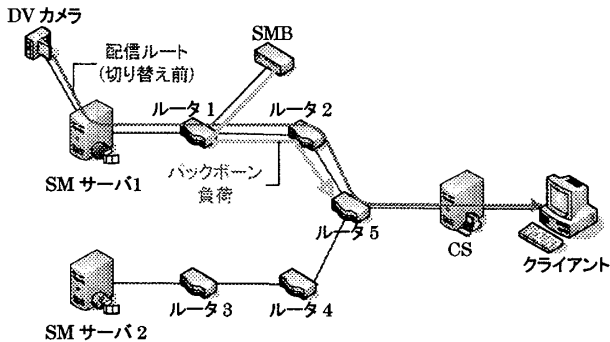


図4 性能評価実験環境

6. 実験結果

提案方式を用いた場合のパケットロスとそのときの利用可能帯域の変化を図5に示す。計測はストリーミングの開始から9秒後に 65Mbps のバックボーン負荷をかける。また、段階的に負荷を切り替えた際のパケットロスと提案方式のロスの比較を図6に示す。65Mbps, 73Mbps, 75Mbps と 10 秒ごと負荷を変動させている。

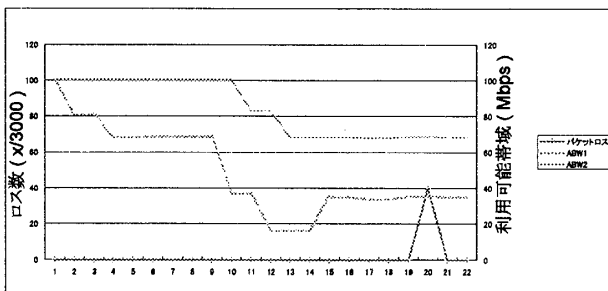


図5 切り替え時(パケットロス&ABW)

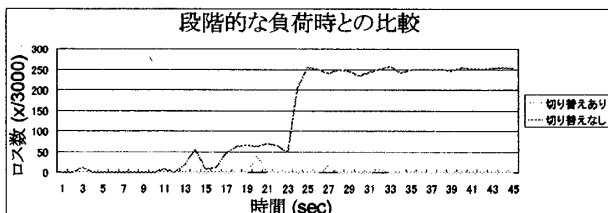


図6 パケットロス比較

7. 実験結果の考察

実験を通して提案方式の有効性を確認できたが、今回は制御サーバに切り替えの閾値を固定で設定していた。この閾値を

ネットワークの状況によって自動で変動させることが可能となれば、更にネットワークの動的な変動にも適切に対応することが可能となる。

8. まとめ

ABWが低下した際に適応的に配信しているSMサーバを切り替えることでパケット損失を抑えることが可能となり、クライアント側においてもブロックノイズが減少し再生品質の向上に見通しを得た。CS - クライアント区間の転送品質監視はクライアント側で行う想定的方式とした。今後は、クライアントからの切り替え要求による配信経路制御を統合させることでより良い品質を保証できる。

9. 参考文献

- 大崎友義, 小松義幸, 島村和典, "経路切り替えによる分散 AV ファイルの転送制御方式の提案", 平成16年度 電気関係学会 四国支部連合大会, p.176, 2004
- 小松義幸, 島村和典, "経路帯域測定に基づくストリーム配送品質推定法の研究", FIT 2004 第3回情報科学技術フォーラム 一般後援論文集 第4分冊, pp.79-82, FIT 2004, 2004
- Tomoyoshi Osaki, Yoshiyuki Komatsu, Kazunori Shimamura, "A study of quality keeping of AV file distribution by way of the transmission path switching during the streaming", pp.487-492, NEINE'04, 2004