

同期参照による網負荷適応型 AV ファイル配送制御の一検討

中平 拓司[†]
高知工科大学大学院
工学研究科基盤工学専攻[†]

中平 和友^{††}
高知工科大学工学部
情報システム工学科^{††}

島村 和典^{††}
通信・放送機構
高知通信トラヒック
リサーチセンター[‡]

〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮の口 185

TEL: 0887-53-1020

FAX: 0887-57-2220

E-mail: 056013y@gs.kochi-tech.ac.jp

要旨

インターネットに代表される情報通信ネットワークの高速大容量化が進んだ一方、動画の圧縮技術が進歩したことで、インターネット上での動画の配信が可能となった。今後、映像や音声等がトラヒックの多くを占めるようになることが予想されるが、現在のインターネットでは QoS が保証されておらず、こうしたメディアの再生品質が保てないという問題がある。そのため、ネットワークの負荷に適応した映像配信技術が盛んに研究されている。

本稿では、ある映像コンテンツを、複数の異なるビットレートで符号化し、符号化された各 AV ファイルの同期参照を行うことで、再生開始時だけでなく、再生途中でも動的にレート制御が行え、分散環境においても効果的に負荷分散が行える AV ファイル配送制御法を提案する。

A study of AV file adaptive distribution based on content synchronization

Takuji NAKAHIRA[†] Kazutomo NAKAHIRA^{††} Kazunori SHIMAMURA^{††}
Graduate School of Engineering, Department of Informations Systems Kochi Traffic Research Center,
Kochi University of Technology[†] Engineering, Kochi University of Technology^{††} Telecommunications
Advancement Organization of Japan[‡]
185 Miyanokuchi, Tosayamada-cho, Kami-gun, Kochi 782-8502

Abstract

Delivering video content has been available on the Internet as a result of its high-speed technologies and the progress of video compression techniques. It is expected that video and voice will be a major traffic on the Internet in near future. One problem is that video or voice player cannot keep the good quality because current Internet is not guarantee any Quality of Service (QoS). Therefore, applications that are adaptive to network load are well studied these days.

In this report, proposed is an adaptive AV file distribution method, which controls the bit rate while playback the content by using synchronization reference. It is shown that proposed method contributes to load balancing effectively in the distributed environment.

1 はじめに

インターネット利用者の爆発的な増加に伴い、情報通信ネットワークの高速大容量化技術も著しく発展を続けており、バックボーンでは、WDM(Wavelength Division Multiplex: 波長分割多重)によるテラビット級の通信速度の実現に向けた研究開発が行われている。一方、アクセス系でも、高速なアクセス技術が登場しており[1]、LANではGigabit Ethernetが実用化され、現在は、10Gbps Ethernetの規格化が進んでいる。無線によるアクセスでも、LANでは最大11Mbps、次世代携帯端末では最大2Mbpsと高速である。また、これまで低速だった家庭向けの回線でも、DSL(Digital Subscriber Line: デジタル加入者線)や光ファイバの提供サービスが始まり、利用者が急増している[2]。

さらに、ネットワークの高速化と併せて、文字や音声・静止画に対して膨大なデータ量となる動画の圧縮技術も進歩したことで、インターネット上で動画を配信することが可能となり、Real Networks社のReal System、Apple社のQuick Time、Microsoft社のWindows Mediaが代表的なインターネットでの映像配信技術となっている。コンテンツとしては、映画の予告編やニュース、スポーツやイベントのライブ中継等が多い。

現在のインターネット上を流れるトラフィックは、Webもしくはメールが大半を占めているが、先に述べたブロードバンド化が進むことで、今後は、こうした映像あるいは音声といった実時間性が要求される連続型のメディアがトラフィックの多くを占めることが予想される。また、ネットワークの高速化の研究と共に、そうした環境を活かした映像アプリケーションの研究も盛んに行われており、1999年より運用されているJGN(Japan Gigabit Network)[3]等でも関連した研究が多く実施されている。

インターネットにおける映像配信の問題点は、IPがベストエフォート型のプロトコルであること、すなわち、トラフィックの種類に関係なく、全てのパケットが同じ条件でルーティングされることから、QoS(Quality of Service: サービス品質)が保証されず、途中経路が輻輳してしまうと、パケットの損失や遅

延揺らぎが生じ、その結果、映像や音声などの実時間性が要求されるメディアの再生品質が劣化してしまい、場合によってはメディアとして再生することが不可能になってしまうことである。現に、インターネットでのライブ中継等を視聴していると、音飛びや再生の停止、音声に対して映像の再生が遅れるといった事態が頻繁に起こる。

ゆえに、DiffServ[4]等、インターネット上でもQoSを保証する技術が研究されると共に、ネットワークの負荷(網負荷)に応じた映像の提供が行える、網負荷適応型の配送制御の研究が行われている。

そこで本稿では、ある映像コンテンツを、複数の異なるビットレートで符号化し、符号化された各AVファイルの同期参照を行うことで、いったん符号化されたコンテンツであっても、再生開始時だけでなく、再生途中でも動的にレート制御が行え、分散環境でも利用できる、網負荷適応型のAVファイル配送制御法を提案する。まず、既存の網負荷適応型の配送制御法を整理し、次いで、提案方式の概念と実際の制御法を述べる。さらに、サーバが複数に分散している場合にも、提案方式を適用することで、サーバあるいはネットワークの負荷分散に寄与できることを示す。

2 網負荷適応型の配送制御

これまで、網負荷に上手く適応し、メディアの再生品質を保つための配送制御が、数多く提案、発表され、あるいは実用化されている[5]。ここでは、そうした配送制御の代表的なものを挙げる。

2.1 ビットレート制御

リアルタイムに符号化・送信する場合、図1に示すように、受信端末が、パケットの損失率や到着間隔、遅延揺らぎ等のパラメータを基にネットワークの状態を把握し、その情報を送信端末にフィードバックする。送信端末では、フィードバックされた情報から、符号化レートを最適な値に調整することで、網負荷に適応できる。

インターネット上で音声や映像を配信するときには、処理遅延が小さく速くパケットを送信できるこ

と・少々のパケット損失は再生品質にそれほど影響しないこと等の理由から、UDP を使うことが多い。しかし UDP は、TCP のようなフロー制御は行わず、Ack も返さないため、輻輳を起こしやすく、それを知ってレートを制御することもできない。また、音声と映像の同期を取る必要もある。そのため、IETF では、こうした処理を行うための情報を提供する UDP の上位プロトコルとして RTP[6]を規定しており、RTP と併せて、フィードバック制御のためのプロトコルである RTCP も規定されている。

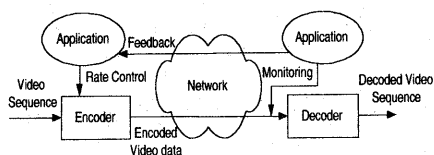


図1: ビットレート制御

2.2 ビットレートの選択

ビットレートの制御は、リアルタイムに符号化・送信する場合には有効であるが、先に符号化されたものを後からオンデマンドに視聴する場合にも、そうした柔軟性を持たせたい。そこで、インターネット上での映像配信では、図2に示すように、一つの映像コンテンツにつき複数のビットレートで符号化された AV ファイルを作成しておき、ユーザの環境に合ったレートのファイルを提供している。

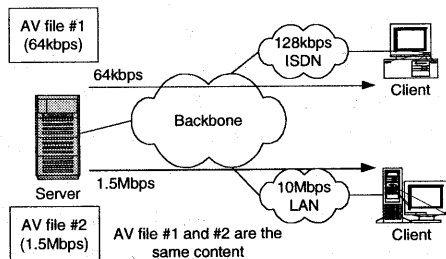


図2: ビットレートの選択

2.3 階層符号化

符号化自体を、網負荷に適応できるようにしたのが、図3に示す階層符号化(Layered Coding)である。階層符号化では、符号化データを、基本レイヤ(Base Layer)と複数の上位レイヤ(Enhancement Layer)に分類し、網負荷が小さい時には、全てのレイヤを送信して最高の品質を提供する。網負荷が大きくなってくると、それに応じて上位レイヤの送信を見合わせ、最悪の場合には、基本レイヤのみ送信する。

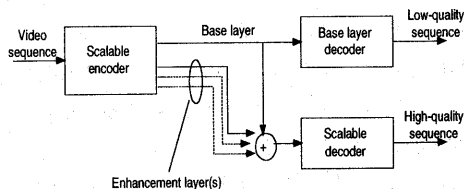


図3: 階層符号化

2.4 トランスコーディング

符号化された AV データを送信するとき、配送経路の途中に、図4に示すトランスコーダ(Transcoder)と呼ばれる再変換器を置く。トランスコーダは、入力された符号化データを一度復号し、その先のネットワーク状態に応じた符号化を再び施し、ネットワークに出力することで、網負荷に適応した配信が可能となる。これを、トランスコーディングと呼ぶ。

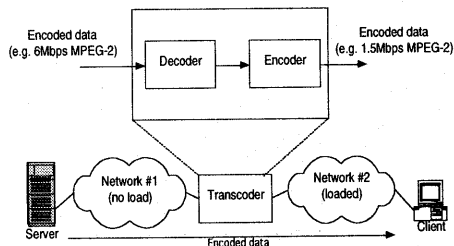


図4: トランスコーディング

3 同期参照による網負荷適応型配送制御

本節では、筆者らが提案する、「同期参照による網負荷に適応した配送制御」の概念と制御方法を述べると共に、前節で示した各方式と比較する。

3.1 同期参照とは

元々「同期参照」とは、筆者らが研究している、「同期性を持った複数 AV ファイルの配信」において提案した概念である[7][8]。非圧縮の AV ファイルであれば、図 5 に示すように、1 フレームあたりのデータサイズが一定であるため、一つの AV ファイルの i 番目のフレームデータがファイルの n バイト目にあるとすれば、他の AV ファイルの i 番目のフレームデータも n バイト目に存在することになり、同期管理が自然に行える。

しかしながら、MPEG 等代表的な動画像圧縮では、図 6 に示すように、符号化後の各 AV ファイルのフレームデータサイズが可変長となり、AV データ間の同期関係がそのままでは把握できない。

ゆえに筆者らは、同期性を持った複数 MPEG ファイル間の同期管理の手法として、I ピクチャの位置を検出し、図 7 に示すように、同期すべき I ピクチャ同士的位置（ファイル先頭からのバイト数 a_{11} , a_{21} ）を別途ファイルに書き出しておき、再生中のランダムアクセスやファイル選択、同期が外れたときの再同期時に、これを参照することで同期の取れた対応が可能であることを実証した。この同期関係を参照することを同期参照と呼び、同期情報を書き出したファイルを、同期参照ファイルと呼んでいる。

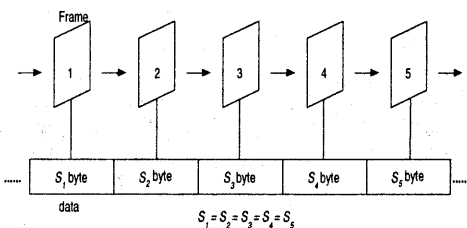


図 5: 非圧縮時のデータサイズ

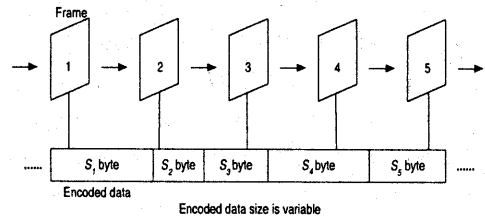


図 6: 圧縮時のデータサイズ

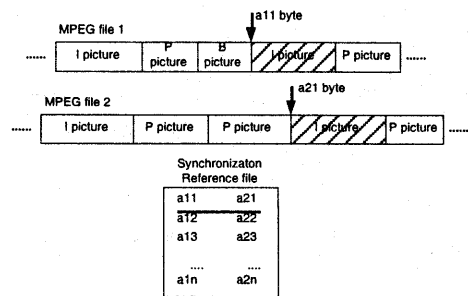


図 7: 複数 MPEG ファイルの同期参照

3.2 同期参照による配送制御

同期参照により、例えばスポーツなどの多視点映像や、広視野角あるいは全周動画像などの配信が実現できるが、これらは、各々異なるシーンを捉えたものである。

ここで、同じシーンに対して異なるビットレートで MPEG ファイルを作成しておき、さらにそれらの同期参照ファイルを生成し、MPEG ファイルと共にサーバに蓄積しておけば、ファイルの同期関係があらかじめわかっているため、再生途中であっても、網負荷に応じて、読み出す MPEG ファイルを変更することが可能となる。

例えば、図 8 に示すように、3Mbps, 6Mbps, 12Mbps の 3 通りのビットレートで符号化し、同期参照ファイルを生成するものとする。そして、あるクライアントに対し、6Mbps のファイルを配送し始めたものとする。

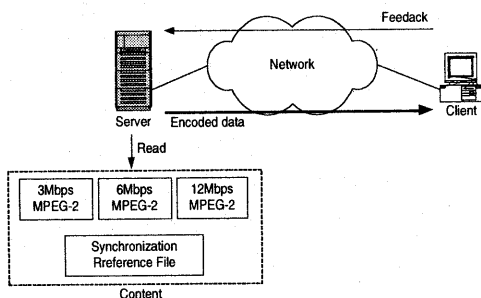


図 8: 同期参照による網負荷適応型配送制御

しかし、再生途中で網負荷が大きくなり、6Mbpsでの配信が困難であることをクライアントからのフィードバックやあるいは監視サーバ等からの通知によりサーバが知ったとする。このときサーバは、同期参照ファイルを見て、次に送信すべきフレームの符号化データが、3Mbps で符号化した MPEG ファイルのどこにあるかを調べ、その位置から 3Mbps の MPEG ファイルを読み、データの送信を続ける。その後、網負荷が再び小さくなれば、サーバは、同期参照により、再び 6Mbps の MPEG ファイルを読んでデータを送信し、さらにほとんど負荷が無いとなれば、12Mbps で送信する。

このようにして、一度符号化した後に配信する Store and Forward の場合でも、網負荷に適応したビットレートを選択を、再生途中でも動的に行うことが可能となる。

3.3 提案方式の特徴

提案方式は、符号化自体は MPEG 等既存の標準的なものが利用でき、処理も単純である上、2.2 で述べたビットレート選択を、再生途中でも動的に行えるという特徴を持つ。

一方、階層符号化やトランスコーディングも、Store and Forward における適応制御と言えるが、階層符号化では、新たな符号化/復号器が必要となるのに加えて、基本レイヤが正しく復号されないと上位レイヤも正しく復号されない。

また、画像の符号化はロッキー符号化であることが多く、トランスコーディングが繰り返されると、再生時の画質が劣化してしまい、転送遅延も増加し

てしまう。提案方式では、余分な設備を導入する必要もなく、処理遅延も数秒で済むことが先の研究で明らかとなっている[7][8]。

4 分散環境への適用

提案方式は、同一のサーバ内での配送制御だけでなく、複数のサーバが置かれている分散環境においても、有効な配送制御ができる。以下、その適用例を示す。

4.1 同一地点内の複数サーバ間での配送制御

一つのサーバに対する同時アクセス数は有限であるため、同一地点内に複数台のサーバを用意し、サーバの負荷分散を図ることが一般に行われている。

このとき、図 9 に示すように、各サーバに MPEG ファイルと同期参照ファイルをあらかじめ配置すれば、次の手順で、サーバの負荷分散が可能となる。

- ① サーバ S_1 が、クライアント C に対し、 b [Mbps] の MPEG ファイル f の配信を始める。
- ② S_1 へのアクセス数が増えて過負荷になると、 S_1 は、もう一つのサーバ S_2 に対し、 C への配信を S_2 に行ってもらうよう依頼し、 f の次の読み出し位置を知らせる。
- ③ S_2 は、その位置から f を読み出し、 C に対して配信を続ける。

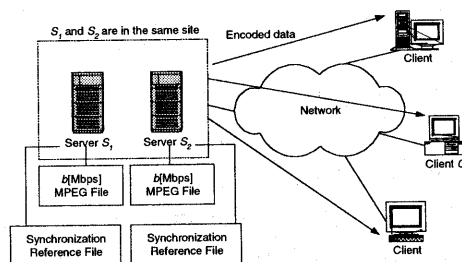


図 9: 同一地点内の複数サーバ

4.2 地理的に分散した複数サーバ間での制御

同一地点でなく、図 10 に示すように、サーバが地理的に複数地点に分散している場合でも、あらかじめ MPEG ファイルと同期参照ファイルを各サーバに配置すれば、次のようにして、ネットワーク負荷が高い経路を回避して、配信が続行できる。

- ①サーバ S_1 が、クライアント C に対し、経路 R_1 を通って、ファイル f の配信を始める。
- ② R_1 に他のトラフィックが集中して輻輳が起きると、 C からのフィードバックにより、 S_1 がそのことを知る。
- ③ S_1 は、現在空いている経路 R_2 から C に配信できるサーバ S_2 に C への配信を依頼し、 f の次の読み出し位置を知らせる。
- ④ S_2 は、その位置から f を読み出し、 C に対して配信を続ける。

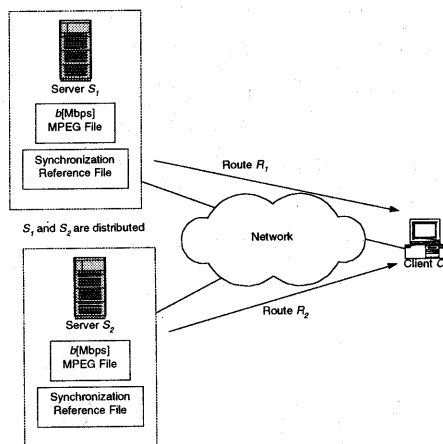


図 10: 地理的に分散した複数サーバ

5 まとめ

本稿では、一度符号化された後配信される AV ファイルにおいて、複数のビットレートで符号化された AV ファイル間の同期参照により、再生開始時にビットレートを選択するだけでなく、再生途中でも網負荷に適応したビットレートを選択できる、網負荷適応型の AV ファイル配送制御法を提案した。

提案方式は、既存の標準的なコーデックが利用で

き、処理が簡単であるという他に、複数地点にサーバが分散している場合にも適用できるという特徴がある。

今後、映像コンテンツの需要が増えるのに伴い、サーバの負荷分散およびネットワークの負荷分散が求められることから、提案方式は有意義なものであると言える。

謝辞

本研究は、通信・放送機構ギガビットネットワーク研究開発プロジェクト及び同高知通信トラヒックリサーチセンターの支援を受けていることを明記すると共に、関係者の皆様に感謝致します。

参考文献

- [1] 市川他編: “多様化とブロードバンド時代を迎えたアクセスネットワーク技術”, 信学誌, Vol.84, No.2, pp.76-126.
- [2] 総務省郵政事業庁, “通信白書平成 12 年版”
<http://www.yusei.go.jp/policyreports/japanese/papers/h12/index.html>
- [3] 研究開発用ギガビットネットワーク
<http://www.jgn.tao.go.jp/>
- [4] S.blake, et. al.: “An Architecture for Differentiated Services”, RFC2475, 1998.
- [5] WANG and SCHULZRINNE: “Comparison of Adaptive Internet Multimedia Applications”, IEICE Trans. Commun., Vol.E82-B, No.6, pp.806-818, 1999.
- [6] Schulzrinne, et. al.: “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”, RFC1889, 1996.
- [7] 中平, 野中, 島村: “エンコードされた複数 AV ファイルの同期参照法の一検討”, 情報研報 2001-AVM-32-4, 2001.
- [8] 中平, 島村: “同期性を考慮した複数 AV ファイル配信システムの構築”, 画像電子学会第 29 回年次大会予稿集一般セッション 14, 2001.