

ストリーミングアプリケーションにおける再生 レート変更タイミング決定アルゴリズムの 提案

渡辺 道和

平成 17 年 2 月 2 日

1 背景と研究目標

インターネットにおけるストリーミング配信では、動画データを複数のビットレートでエンコードし、配信ネットワークの状態に合わせ適正レートを選択、配信するマルチビットレート方式が広く用いられている。この技術により、視聴者はレートを自ら選択することなく、配信ネットワークの状態に適したレートでストリームを受信できるようになった。しかし、クライアントがストリームを受信している途中で受信レートが切り替わる場合に再生が中断するという現象が見られる。この現象は、ストリーミングアプリケーションが持つ受信バッファ残量がなくなることにより引き起こされる。受信バッファ残量が枯渇する原因のひとつには、レート変更のリクエストタイミングが遅いため受信データ量よりも再生による消費データ量が上回ることが挙げられる。この問題は、レート変更リクエストをできるだけ早くサーバへ送ることにより解決するように見えるが、頻繁にレートを変更することによるサーバ負荷増大といった問題や、動画像のレート切替えによる視聴感への悪影響といった問題がある。そこで本研究では、ストリーミングアプリケーションのバッファ残量に着目し、再生が中断しないストリーミング配信をより少ないレート変更回数で実現することを目標とする。

2 既存研究

クライアントの受信状態把握に関する既存研究には、視聴者の体感視聴品質をリアルタイムで収集し、その結果に基づいてクライアントでの受信状態を向上させるもの [2, 3] がある。この研究では得られた視聴品質情報をサーバの負荷分散に利用することで、クライアントの受信状態の改善をする手法が提案されている。この手法はユーザからの視聴品質情報を常にサーバ側に

送信して、その情報の推移からユーザの視聴状態を決定する。提案されている手法により、ユーザの視聴品質を時系列的に収集し、品質が悪化した場合は、受信状態を変更することで品質を改善することが可能である。しかし、サーバが収集したデータを元に配信状態の変更をするため、クライアントの受信状態が悪化した後にしか、配信状態を変更することができない。このため、再生状態などの情報から受信状態の悪化を予測するアルゴリズムが必要となる。

受信状態の悪化を予測する研究としては、受信バッファにパケットが到着しない期間から再バッファリングが始まるタイミングを関連付けた研究 [1] がある。この手法によって、パケットの受信状態から再バッファリングの開始を予測することが可能である。しかし、現在の再生レートを再バッファリングの予測に反映し、再生レートの動的な変更をすることについては言及されていない。また、現在のストリーミングサービスの中にはパケットをバースト的に送信する特性を持った実装形態が存在する。したがって、パケットがバースト的に送信されていることを考慮して予測アルゴリズムを改良する必要がある。

3 提案手法の概要

前述した通り本研究では受信バッファの枯渇を予測し、適切なタイミングで再生レートを変更することでストリーミング配信の再生が途切れることを防止する。

3.1 再生レートを下げる判断基準

前述の通り、受信バッファの残量が減少し、かつ、受信バッファの残量が回復する見込みが無いと判断された場合は再生レートを切り替える。以下はその場合の判断基準である。

図 1 に、提案手法において受信バッファの残量が再生レートを切り替える前後にどのように変化するかを示す。ここで、図中の B_{\min} は再生中に再生レートを切り替えても、再生レートの切り替え中に再生が停止しない、受信バッファの残量の閾値とする。したがって、受信バッファの残量が B_{\min} になる前に、受信バッファの枯渇が予想された場合は、その時点で再生レートの切り替える必要がある。すなわち、再生を途切れさせることなく再生レートを切り替えるためには、受信バッファが B_{\min} になる時刻 t になるまでに受信バッファの枯渇を予測しなければならない。

ここで、再生が途切れずに、再生レートを切り替えるためには、切り替え後のレートで再生が可能になるまで、切り替え前の再生レート P Mbps で再生を継続しなければならない。したがって、再生レートの切り替え開始から

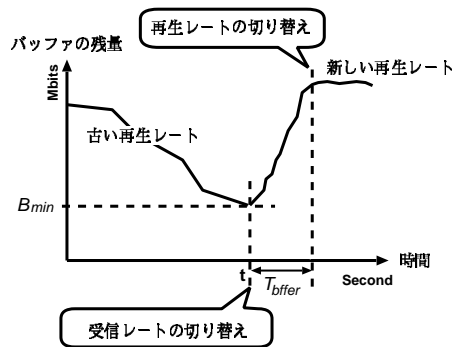


図 1: 受信バッファの残量 (再生レート切り替え前後)

再生が始まるまでに要する時間を T_{buffer} 秒とすると、 B_{min} は以下の式を満たす必要がある。

$$B_{min} > P * T_{buffer} \quad (1)$$

また、閾値 B_{min} を決定する際には、前述した受信パケットが到達していない期間と受信バッファの枯渇の相関関係から導かれた値についても考慮する必要がある。

- 受信バッファの残量が減少傾向にある
RTCP の RR パケットに含まれている積算パケット損失率から受信レートを算出し、現在の再生レートと比較することで、受信バッファの残量の状態を推測する。
ある時の受信レートが R Mbps である場合、その時の受信バッファの減少レート A Mbps は以下の式で表すことができる。

$$A = R - P < 0 \quad (2)$$

- 受信バッファの枯渇の閾値
前述の研究 [1] では、受信バッファの枯渇をパケットの受信の途切れた期間を元にして予測していた。本研究では再生レートやバースト的に送信されるパケットについても考慮する必要がある。その際に、上記のパケットの受信が途切れた期間も予測のために有用な情報である。このため、WMT 9 において、受信パケットが途切れた期間と受信バッファの枯渇の相関関係について検証する必要がある。
- サーバから送信されるパケットがバースト的でない
WMT 9 ではサーバがバースト的にパケットを送信しているが、受信バッファの枯渇の予測をする場合、このバースト的に送られてくるパ

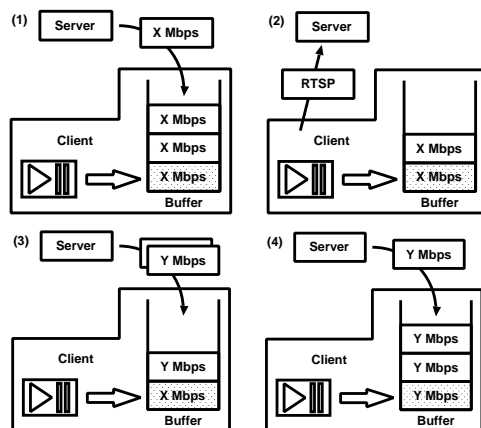


図 2: レート切り替えアルゴリズム

ケットを無視することができない。したがって、バッファの残量が少なくなってきた場合でも、サーバがバースト的にパケットを送信し、再生レートを切り替える必要がないと判断できる場合は再生レートを切り替えるべきではない。

以上の条件を満たした場合にクライアントはサーバに対し再生レートを下げたための手続きを開始する。

3.2 再生レートを切替える手法

ここでは X Mbps から Y Mbps に再生レートを切り替えるとする。

1. X Mbps の転送を一時停止 (図 2 (2) 参照)
転送の一時停止を要求する RTSP パケットの他に、一時停止をするコンテンツの位置もサーバに対して送信する。
2. Y Mbps の送信を開始 (図 2 (2) 参照)
転送を開始するコンテンツの位置は上で一時停止をした次のデータからになるように、RTSP パケットで要求をする。
3. Y Mbps のバッファリングをしている間は X Mbps のデータを再生 (図 2 (3) 参照)
再バッファリング中は元々バッファで保存していたデータを再生する。
4. X Mbps のデータがなくなったら Y Mbps のデータを再生 (図 2 (4) 参照)
サーバに対し RTSP で再生を停止する直前の図 2 の (1) の時点での受

信バッファで確保されているデータが再生を終わった時点で再生レートを Y Mbps に変更する。

以上のようにして、再生を切り替えている途中は X Mbps のデータを再生することで再生途中にコンテンツが一時停止しないようにする。また、切り替えた後の受信レート Y Mbps は切り替える時の受信レートよりも低い再生レートで最大の再生レートを選択する。

4 実装

本研究では、Helix Streaming Server のプロトコルに対応し、UNIX 上で動作するストリーミング再生アプリケーション Xine を対象に実装を進めているところである。

5 まとめ

マルチビットレートストリーミング環境においてレート切り替え時に再生が停止するという問題に対し、本研究ではアプリケーションバッファ残量に着目し、レート切り替えタイミングを改善することにより解決できると考えた。パケット到着間隔とバッファ残量の減少レベルから、バッファの枯渇タイミングを予測し、適切なレート変更リクエスト送信タイミングの算出を行う。従来方式と比べ、より早いタイミングでバッファ枯渇を予測しレート変更リクエストを行なうことにより、クライアントアプリケーション側で再生を継続したままレート切り替えを実現する手法を提案した。

今後は本方式をクライアントアプリケーションに実装し、既存のアプリケーションと比較した場合に再生停止時間をどの程度短縮できるか評価を行う必要があると考える。

参考文献

- [1] Amy Csizmar Dalal and Ed Perry. A New Architecture for Measuring and Assessing Streaming Media Quality. Technical Report, February.
- [2] 広瀬洋一, 吉田法茂, 柳本静, 高木伸朗. ストリーム配信における試聴状態把握方式の提案. 信学技報, July 2002.
- [3] 吉田法茂, 広瀬洋一, 永淵幸雄, 柳本静, 渡瀬順平, 高木伸朗. ストリーミング配信におけるユーザ試聴品質情報を利用した高度ネットワーク制御と新サービスの提案. 信学技報, July 2002.

Copyright (c) WIDE Project (2005). All Rights Reserved.