

HiTactix/Symbiose の開発（7）

22-7

- ビデオサービスにおける高精度レート整合 -

田口しほ子, 岩崎正明, 中原雅彦, 竹内理, 中野隆裕, 川田容子, 児玉昇司
 (株) 日立製作所 システム開発研究所

1. はじめに

近年, WWW (World Wide Web) システム上で, 動画や音声などのストリームデータの利用が増加し, ストリームデータをネットワーク上のWWWサーバ等から受信しながら再生表示するストリーミング技術[1]の研究開発が進んでいる. それに伴い, ストリームデータをQoS保証して転送するための, リアルタイムOSやリアルタイム通信の研究も盛んになって来た[2]~[4]. しかしながら, リアルタイムOS上にWWWサーバを実装し, リアルタイム転送可能なネットワークを介して, ストリームデータをストリーミング再生しても長時間の再生は困難である. この原因は, 各マシン間のクロック誤差にある. WWWサーバとクライアント間にクロック誤差があれば, WWWサーバでの送信レートと, クライアントでの再生レートが実時間上で一致しない. 両レートの不一致はクライアント・アプリケーションのバッファ内データ量の変化となって現れ, 長時間に渡り累積することでバッファ・オーバーフロー/アンダーフローが発生する.

我々は, マシン間のクロック誤差によるバッファ・オーバーフロー/アンダーフローを回避する高精度レート整合方式を採用してVODシステムを開発した. 尚, 本VODシステムでは, HiTactix/Symbiose[5]の基礎技術の一つである連続メディア処理向けOS HiTactix [2]をビデオサーバに応用し, リアルタイム通信プロトコル TTCP/ITM[4]をネットワーク・プロトコルとして用いる. 本稿では, VODシステムの高精度レート整合方式について述べる.

2. 基本設計方針

バッファ・オーバーフロー/アンダーフローを回避する方法として, バッファ・サイズを十分大きくし, 再生開始前にストリームデータを十分にバッファリングする方法がある. しかし, この方法では再生を要求してから再生が開始されるまでの待ち時間 (以下, 再生開始遅延時間と呼ぶ) が長いといった問題がある. また, 長時間ストリームデータを再生する場合は, バッファ・サイズの限界から, 完全にはバッファ・アンダーフローを回避できないといった問題がある.

本研究では, 再生開始遅延時間が短く, 長時間ストリームデータの安定再生が可能なVODシステムを開発することを目的とする. この目的を実現するためには, 具体的に以下の条件が必要である.

- 1) 再生開始遅延時間を短くするために, 再生開始時のバッファ内データ量を極力少なくする.
- 2) 再生開始後, 長時間ストリームデータを安定再生するためバッファ内データ量を十分増加させた後, 一定に保つ. 高精度レート整合方式では, 上記1), 2)に示したバッファ内データ量の調整を, ストリームデータのビットレートを変える事なく, ビデオサーバからの送信レートの変更のみで実現する (以下, 変更後のレートを整合レートと呼ぶ).

3. ソフトウェア概要

VODシステムのソフトウェア概要を図1に示す.

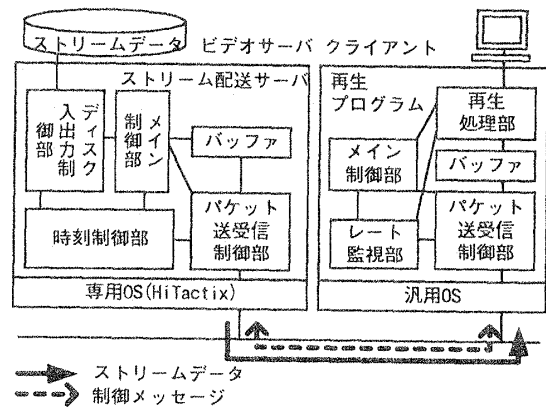


図1 ソフトウェア概要

本VODシステムは, ビデオサーバとクライアントから構成する. ビデオサーバは, 連続メディア処理向けOS HiTactix上にストリーム配送サーバが起動し, クライアントからの要求に従いストリームデータを配送する. クライアントには, 汎用OS上に再生プログラムが起動し, ストリーム配送サーバへの制御メッセージを用いた配送/停止要求と, ストリームデータのデコード/再生を行なう. また, 整合レートを作成し, 制御メッセージを用いてサーバに設定する.

ストリーム配送サーバ (以下, サーバと略す) は, メイン制御部, バッファ, ディスク入出力制御部, パケット送受信制御部, および, 時刻制御部から構成する. メイン制御部は, ディスクからの読み出しレートやネットワークへの送信レートを管理し, サーバ内の全ての制御部とバッファを制御する. ディスク入出力制御部は, 時刻制御部の指示に従いディスクからバッファにストリームデータを読み出す. パケット送受信制御部は, 時刻制御部の指示に従いバッファ上のストリームデータを送信する. 時刻制御部は, ディスク入出力制御部とパケット送受信制御部が, メイン制御部より指示された読み出しレートと送信レートで稼動するように制御する.

再生プログラムは, メイン制御部, バッファ, パケット送受信

制御部、レート監視部、再生処理部から構成する。メイン制御部は、各構成要素間とバッファの制御、整合レートの作成を行う。パケット送受信制御部では、受信したストリームデータをバッファに受信し、ストリームデータの受信量を計測する。再生処理部は、バッファ内のストリームデータをデコード/再生し、バッファからの取得量を計測する。レート監視部は、パケット送受信制御部で計測した受信量から受信レートを、再生処理部で計測した取得量から再生レートを算出する。再生レートとは、バッファ内のデータをデコード処理するレートを表わす。レート監視部では、受信レートと再生レートの差分、つまりバッファ内データ量の増減のレート（以下、受信レートから再生レートを減算した値を、データ量増減レートと呼ぶ）を算出する。

4. 高精度レート整合方式

高精度レート整合方式は、ストリーム再生中にバッファ内データ量と、データ量増減レートの両方を監視し、バッファ内データ量が少なくなり過ぎたり多くなり過ぎないように、また、バッファ内データ量が急激に変化しないように、データ量増減レートの調整可能な整合レートをサーバに設定する（以下、この一連の処理をレート整合と呼ぶ）。そして、レート整合を行なうことで、バッファ・オーバーフロー/アンダーフローの回避を実現する。

本方式では、現在の受信レートと、レート整合後の受信レートの比を用いて、クライアントのマシン・クロックと異なるクロックを持つサーバに設定する整合レートを算出する。レート整合後の受信レートとは、レート整合後に得たいデータ量増減レート（以後、新データ量増減レートと呼ぶ）に再生レートを乗算した値である（以後、新受信レートと呼ぶ）。新データ量増減レートを $NewBufRate$ 、新受信レートを $NewRecvRate$ 、再生レートを $PlayRate$ とすると、新受信レート $NewRecvRate$ は、

$$NewRecvRate = NewBufRate + PlayRate$$

整合レートを $AdjRate$ 、現在の送信レートを $SendRate$ 、現在の受信レートを $RecvRate$ とすると、整合レート $AdjustRate$ は、

$$AdjRate = SendRate * (NewRecvRate/RecvRate) \\ = SendRate * ((NewBufRate + PlayRate)/RecvRate)$$

で表わすことができる。

本方式では、新データ量増減レートを、レート整合を実行する状況により異なった値に設定する。本方式では以下の場合において、レート整合を行なう。

- 1) バッファ内データ量が設定した最大値以上でデータ量増減レートが+の場合、もしくは設定した最小値以下で、データ量増減レートが-の場合
- 2) データ量増減レートが設定した最大値以上もしくは設定した最小値以下になった場合

レート整合の必要ない場合のバッファ内データ量を総称して安全量と呼び、レート整合の必要ない場合のデータ量増減レートを総称して許容レートと呼ぶ。安全量と許容レートは以下の関係を持たせて設定する。バッファ内データ量が安全量を越えた時点でレート整合を実行し、受信レートが変化するまでの間に、バッファ・オーバーフロー/アンダーフローが発生しないレートの値から許容レートを設定する。また、バッファ内データ量が常に安全

量にある場合、レート整合間隔の最小値は(安全量/許容レートの最大値)もしくは(安全量/許容レートの最小値)となるため、レート整合間隔の最小値と安全量を設定することで許容レートを設定することができる。

バッファ内データ量が安全量を越えた場合と、データ量増減レートが許容レートを越えた場合とでは、レート整合後に求める状態が異なるため、それぞれの場合について、整合レートの算出方法を示す。

データ量増減レートが許容レートを越えた場合は、バッファ内データ量を一定にするために、新データ量増減レートを0に設定する必要がある。この場合の整合レート $AdjRate$ は、以下の式で表わすことができる。

$$AdjRate = SendRate * (PlayRate/RecvRate)$$

一方、バッファ内データ量が安全量を越えた場合、バッファ内のデータ量を安全範囲内に戻すため、バッファ内データ量を増減させる必要がある。例えば、バッファ内データ量が安全量の最小値以下である場合、新データ量増減レートを、0から許容レートの最大値の間で設定する。0では、バッファ内データ量が変化しないし、最大値ではバッファ・オーバーフローする危険があるため、中間値を設定する。許容レートの最大値を $MaxBufRate$ 、最小値を $MinBufRate$ とすると、安全量の最小値以下である場合の整合レート $AdjRate$ は、以下の式で表わすことができる。

$$NewBufRate = MaxBufRate/2$$

$$AdjRate = SendRate * ((MaxBufRate/2 + PlayRate)/RecvRate)$$

バッファ内データ量が安全量の最大値以上である場合は、上記 $MaxBufRate$ を $MinBufRate$ にして算出する。

5. おわりに

ストリームデータの送信レートを、クライアントの再生レートに整合するようなレート(整合レート)に調整することでデータ量増減レートを設定範囲内に保ち、長時間ストリームデータの安定再生を実現した。また、ストリーム再生開始時のバッファ内データ量を小さくしても、再生開始直後にバッファ内データ量を安全量に戻すようにレート整合が行われるため、バッファ・アンダーフローを回避した再生開始遅延時間の低減を実現した。

参考文献

- [1] 特集・映像ストリーミング技術, 0 plus E Vol.20, 1998
- [2] 岩寄他, 「連続メディア処理向きマイクロカーネルの開発(1)~(5)」, 情報処理学会 第53回全国大会予稿集, 1996.
- [3] 岩寄他, 「アイソクロナス送信制御による Ethernet 上での QoS 保証」, 情報処理学会 研究報告 97-DPS-84, pp13-18, Sep. 1997.
- [4] 中野他, 「Ethernet 上で QoS を保証する通信方法の設計と実装」, 情報処理学会 97 年コンピュータシステム・シンポジウム論文集, pp.35-42, Nov. 1997
- [5] 岩寄他, 「HiTactix/Symbiose の開発(1)~(6)」, 情報処理学会 第59回全国大会予稿集, 1999.