

ビデオサーバにおける効率的なディスク I/O スケジューリング

4M-6

大和 純一

相場 雄一

青木 久幸

日本電気(株)C&C 研究所

1 はじめに

現在、VoD システムの実験が各地で行なわれている。VoD システムでは、STB ヘータが紛失や遅延することなく届く事、及び、ジャンプ応答時間が短い事、同時再生可能なビデオストリーム数を多くすることが重要である。本稿では、ビデオサーバでの、定常再生時のデータ送信の遅延を起こすこと無く、ジャンプ応答時間を短くし、かつ二次記憶装置のスループットを活用する制御方式を提案する。

2 VoD システム

VoD システムは、図1の様にビデオサーバ、STB と両者を接続するネットワークから構成される。STB は、ユーザが直接操作する端末でありビデオ再生のナビゲーション、ビデオデータのデコード等を行なう。ビデオサーバは、ビデオデータやコンテンツの管理情報を格納した二次記憶装置を持ち、STB からの指示によってビデオデータを STB へ配信する。

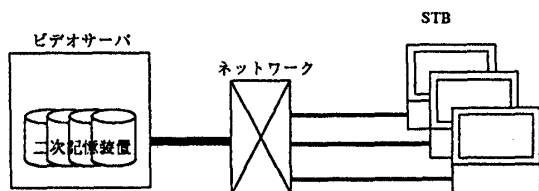


図 1: VoD システム

VoD システムでは、STB が動画を正常にデコード出来るようにビデオデータの遅延や紛失がないようにしなければならない。また、ビデオ再生開始時やシーン間ジャンプ等を行なう時にユーザが要求を出してから実際に動画の再生が開始されるまでのジャンプ応答時間が短いことも重要な要件である。

本稿では、ビデオサーバでの制御に着目する。ビデオサーバは、前記条件に加え、同時に多数のビデオストリームを供給する必要がある。これを効率的に実現する

“Efficient disk I/O scheduling for Video Server”
 Jun-ichi YAMATO, Yuichi AIBA, Hisayuki AOKI
 NEC Corporation. C&C research laboratories.
 4-1-1 Miyazaki, Miyamae, Kawasaki 216, Japan

ために、複数の二次記憶装置にストライピング格納することが一般的となっている。

3 タイムスロット方式

ビデオサーバでの二次記憶装置からのビデオデータの読み出し方式としてタイムスロット方式 [1] が用いられている。

この方式では、図2の様に、 n 個の周期的なタイムスロットに基づいてスケジューリングを行なう。各タイムスロットは、各々ビデオストリームに割り当てられ、各ストリームは、割り当てられたタイムスロットで、1周期分のビデオ再生に必要なデータの読み出しを行なう。ビデオデータがストライピング格納されている場合、ストリームは周期毎に別の二次記憶装置にアクセスする。

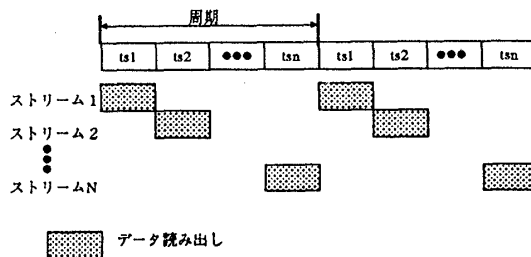


図 2: タイムスロットと周期

しかし、二次記憶装置からのデータ読み出しにかかる時間に幅があるため、タイムスロットを長めに見積る必要があり、二次記憶装置のスループットを限界まで使用することが出来ない。

また、ビデオ再生開始やシーン間ジャンプを行なったとき、先頭のデータが格納されている二次記憶装置のタイムスロットが空いていないとデータ読み出しは直ちには行なえない。従って、ビデオ再生開始時やシーン間ジャンプ等を行なった場合、ユーザが要求を出してから実際に動画の再生が開始されるまでの時間が長くなる。ビデオ再生開始等を行なった場合の待ち時間を短くするために、その時点で空きタイムスロットがある二次記憶装置のデータから読み出す方法もあるが、指定したシーンとは異なるシーンから再生されてしまう。

4 バッファ先読み方式

タイムスロット方式は動画の正常再生を保障するが、前述のように問題点も存在する。そこで、タイムスロットによらない制御方式として、バッファを用いた先読みを応用した制御方式が考えられる。

バッファ先読み方式は、図3の様にビデオサーバにストリーム毎のバッファを用意し、データ読み出し要求を配送よりもかなり早い時点で発行し、読み出されたデータを配送するまでバッファリングする方式である。

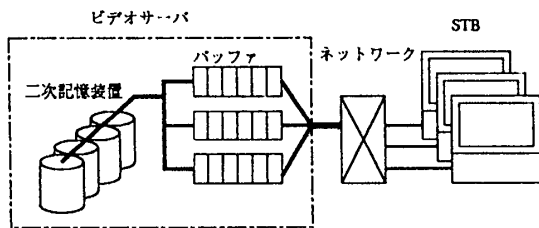


図3: システム構成

この方式では、バッファ数を増やす事で、データ読み出し発行からデータが必要となるまでの制限時間を長くできる。制限時間を十分長くすれば、データ読み出し時間のバラツキを隠蔽できる。つまり、個々のデータ読み出しは、平均データ読み出し時間とみなすことが可能となる。従って、タイムスロット方式より二次記憶装置のスループットを活かす事が可能となる。

しかし、この方式では、常に複数の読み出し要求が二次記憶装置で処理待ちにある。このため、新たなビデオ再生要求が発行された直後もバッファ数分の時間を待ってからSTBへ配信を開始しないと読み出しが間に合わない場合が増加する。

つまり、この方式では、ジャンプ応答時間の短縮とバッファ量増加によるスループット改善が背反する。

5 I/Oのデッドラインスケジューリング

再生開始直後のストリームのデータ読み出しが、定常状態のものより優先的に処理されれば、ジャンプ応答時間を短縮することが可能になる。

そこで、二次記憶装置のスケジューリングに優先度を提案する。本方式では、優先度としてデッドライン時刻(読み出したデータが必要となる時刻)を用い、デッドライン時刻が早いものから順に読み出し処理を行なう。再生要求直後のデータ読み出しは、定常状態のものよりもデッドライン時間が短く設定することで優先的に処理できるようになる。

また、複数のストリームのデータを同時に読み出す場合、定常状態に達したストリームの方が、再生開始直後

のストリームより一般的に多くなる。従って、再生開始直後のストリームから発行される優先度の高いデータ読み出し要求の時間密度は十分低く、各ストリームのバッファ容量を少し多くすれば、定常状態のストリームから発行される低優先度のデータ読み出しが間に合わなくなることもない。

6 シミュレーションによる評価

デッドラインスケジューリングとFIFOとの比較をシミュレーションにより行なった。

シミュレーションは、二次記憶装置20台、6Mbps×100ストリームで、バッファを各ストリームに1Mbyte、一定確率でシーン間ジャンプが発生し、ジャンプ直後にアクセスするシーンは乱数で決定した。二次記憶装置は、シーク等の幅は0～20m秒、媒体からデータを6Mbyte/秒で読み出すものとした。シーン間ジャンプ後の配信開始までの制限時間を変えてシミュレーションを行なった。

制限時間にデータ読み出しが間に合わなかった割合(ミス率)を表1に示す。

表1: 制限時間とミス率

制限時間	FIFO	デッドライン スケジューリング
0.2秒	2.7×10^{-4}	0.0
0.3秒	7.7×10^{-5}	0.0
0.4秒	1.1×10^{-5}	0.0
0.5秒	1.8×10^{-6}	0.0

本シミュレーションの範囲ではデッドラインスケジューリングを用いることで、再生要求から再生開始までの時間を短くしても正常再生が可能であることが確認された。

7 おわりに

二次記憶装置にデッドラインスケジューリングを導入したバッファ先読み方式は、二次記憶装置のスループットを活用する事が可能である。また、再生要求から再生開始までの時間を短くする事が出来、かつ、指定したシーンからの再生が可能である。

参考文献

- [1] “日経ニューメディア別冊 最前線レポートインタラクティブ・テレビ 通信・放送融合へのチャレンジ”, pp.22-31