

パケットオーディオビデオシステムにおける 連続メディア転送プロトコルの評価

3U-1

知念 正 佐藤 純 柴田 義孝

東洋大学工学部情報工学科

1 はじめに 圧縮技術を用いた連続メディア転送においては、フレーム当りのデータ量を大幅に削減することできるが、サーバ・ネットワークの負荷変動によりパケット紛失が発生した場合、画質の低下やフレームレートの低下を引き起こす。本稿においては、負荷変動に対して動的にパケット間隔を調整することにより、パケットロス率を抑制し、かつ、クライアント側での実効フレームレートをサーバ側にフィードバックし、送信フレームを間引いて調整することにより、ビデオの実時間性を保証する転送方式を提案する。

2 連続メディアデータ MPEG ビデオデータは I,P,B ピクチャより構成されており、これら複数のフレームが規則的に並んでいるグループを Group of Picture(以下 GoP) と呼ぶ。転送方式としては、GoP 単位で一括した転送が考えられるが、メディア間の同期や、フレームレート制御にも柔軟に対応させるためにフレーム単位ごとに転送する方法が必要とされる。

3 可変ビットレート転送 図1のようにパケットサイズを固定とし、単位時間に送出するパケット数及びパケット間隔をフレームに応じて調整する可変ビットレート転送を導入する。MPEG 圧縮ビデオでの転送方式の単位としては、図1(a)のように各 GoP ごとにデータをフラグメント化してパケット数を発生させて転送する GoP 一括転送と図1(b)のように GoP をフレーム毎に識別し、フレーム単位でパケットを生成して転送するフレーム転送方式を導入する。

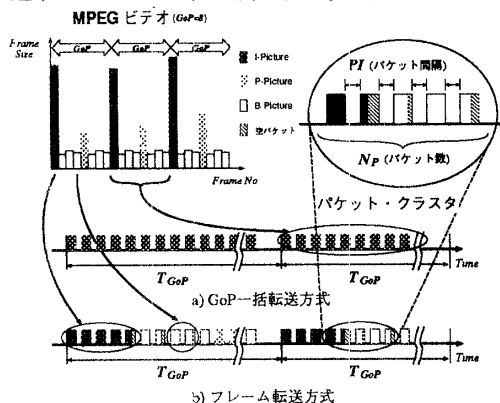


図1: 可変ビットレート転送 (フレーム/GOP 単位)

GoP 転送方式: フレームタイプに依存せず、パケット化できるため、フレーム単位で扱うときよりもパケット総数が少なく、処理が軽くなるが、パケット紛失が生じた場合、1つの GoP に含まれている複数のフレームが失われる。

フレーム転送方式: GoP をフレーム毎に識別し、パケット転送するため、パケット総数は多くなり、各制御の処理が複雑となるが、パケット紛失の及ぶ範囲は1フレームに限定でき、しかもパケット回復制御に柔軟に適用できる。

4 パケット紛失制御 パケット紛失を抑制するために1) パケット間隔制御法と2) パケット回復制御法を導入する。1) のパケット間隔制御法では、過負荷によって生じるパケットの取りこぼしを許容範囲に抑えるためにパケット間隔を調整する方法があり、制御の特徴として制御機構が比較的簡単に実現できるが、パケット紛失を抑えるためにパケット間隔を大きく取ると連続メディアが持つ時間的制約に影響するので、その制御に早応性が要求される。

一方、パケット回復制御法においては、紛失したパケットを回復するためにパケットの再転送を行なうもので、パケット紛失を完全に回復できるが、制約時間内に処理できない場合があり、フレームレートの実時間性を保てなくなる場合がある。

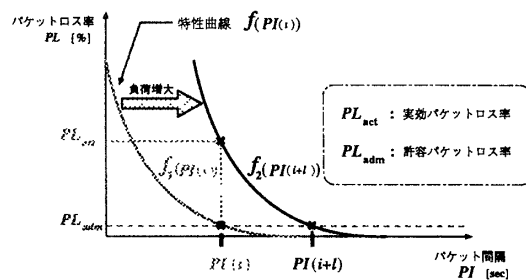


図2: パケット間隔とパケットロス率の特性曲線

4.1 パケット間隔制御 パケットロス率を許容率以下に抑制するためにパケット間隔 PI の調整が必要となる。クライアント負荷に対して連続転送されるパケットのロス率は、図2のようにその負荷状態に対してパケット間隔が一定以下に小さいとパケット紛失が発生しやすいことが分かっている。そこで、制御フローにおいて、クライアントで検出されたパケットロス率 PL_{act} が許容パケットロス率 PL_{adm} を超えた時にはすぐに $PL_{act} < PL_{adm}$ となるようにパケット間隔を動

的に調整する。パケット間隔を大きく取ったことにより時間的制約が保てなくなる場合には、フレームレート制御ループのフィードバックによりフレームレートの設定値が下がり、これにより転送パケット数が減少することになる。

4.2 パケット回復制御 MPEG ビデオでは、パケット紛失により複数のフレームへ影響するのでパケット紛失を完全に抑える必要が生じる場合もある。そこで、パケット毎に付加されているシーケンス番号を用いてパケット紛失を検知し、パケットの再転送によるパケット回復方式として“Go back n”と“Selective repeat”の2つの方式を提案する。

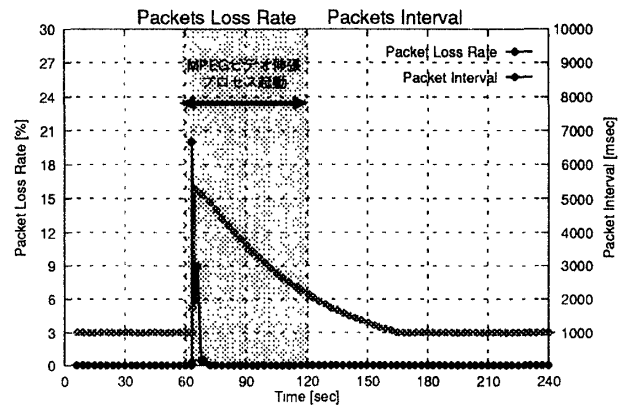
Go back n 方式: 送信側では、紛失したパケット以降の全てのパケットを再転送し、再転送要求の間に受信側に転送されたパケットは全て削除する。

Selective repeat 方式: 受信側では、紛失したパケットのみだけを送信側に再転送要求し、再転送要求間に転送されたパケットは、あらかじめ受信側に用意されたバッファに格納する。

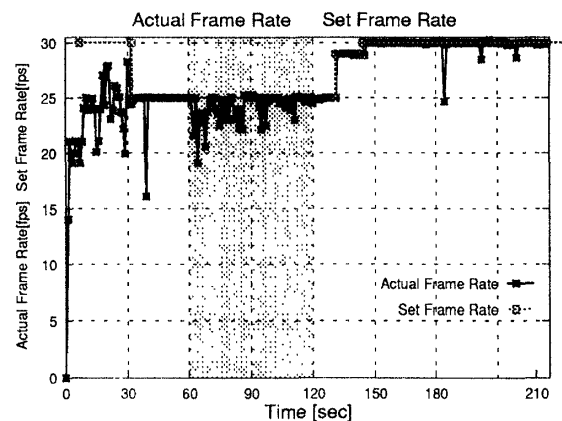
5 フレームレート制御 ネットワークトラフィックの影響やクライアント サーバの処理能力に対応させて、実際のフレーム処理量を調節する必要がある。クライアントで検出された実効フレームレート (FR_{act}) の平均と統計値を基に新たな設定フレームレート (FR_{set}) への変更を判断し、もし FR_{set} を一定以上下回っている場合、もしくは十分な FR_{act} が達成されている場合は、フレームレート変更と判断し、実効値及び統計値をサーバに通知される。サーバでは、実効値および統計値から適切な FR_{set} を決定して変更する。

6 プロトタイプ及び性能評価 100Mbps の非同期サービスをサポートする FDDI で UDP/IP を用い、ビデオデータは 5.0Mbps の MPEG ビデオを用いてパケット紛失制御とフレームレート制御機能の評価を行なった。外部負荷として MPEG 伸張プロセスをクライアントに与え、図 3 a) に示すようにパケットロス率とパケット間隔を測定した。ビデオ転送開始時は、パケット間隔が 1msec で許容パケットロス率以下に抑制されているが、60 秒後から負荷をクライアントに与えることでパケットロス率が急激に 20% まで上昇したが、パケット間隔制御法のフィードバックループが働きパケット間隔が大きくなり、その 3 秒後以降にはほぼ 0% 付近に抑えるながら、パケット間隔を維持している。又、負荷を取り除いた際にはもとのパケット間隔である 1msec へ除々に収束していくことがわかる。このように、連続メディア転送サービスはほぼ許容パケットロス率以下で行なえることも確認できた。また、図 3 b) のように実効フレームレートと設定フレームレートも測定した。このときのビデオ転送開始

時における設定フレームレートは 30fps であったが、実効フレームレートが変動しているため 25 秒付近で 30fps から 25fps に変更されている。また、125 秒付近で実効フレームレートの安定していることが検出されると設定フレームレートは 25fps から 28fps へ上昇し、元のフレームレートへ回復することが確認できる。従って、フレーム処理量を調節することが確認できた。



a) 実効パケットロス率と設定パケット間隔



b) 実効フレームレートと設定フレームレート

図 3: 負荷変動でのパケット間隔制御法とフレームレート制御

6. まとめ パケット紛失を抑制するためパケット紛失制御機構及び転送フレーム量を調整するためのフレームレート制御を導入した連続メディア転送プロトコルの設計及び開発を行なった。パケット間隔制御法によって負荷変動時でも紛失を許容パケットロス率以下に抑えながら、その負荷状況に応じた連続メディア転送を行なうことが確認できた。一方、フレームレート制御が実効フレームレート状況に応じて転送フレーム量の動的調整を行なえることが確認できた。

参考文献

- [1] 知念正, 柴田義孝: パケット紛失を考慮した連続メディア転送プロトコルの研究, 情報ワークショップ論文集, Vol.96, No.1, 1996