

可変速度 TDM 交換方式を用いた最低帯域保証が可能な動画像伝送方式

2V-2

森野博章 ウドムキヤット・ブンウォラセト 相田 仁 齊藤 忠夫

東京大学 工学部

1 はじめに

筆者らは、将来のマルチメディア通信網のトラフィックの中で需要の大幅な増加が見込まれる可変速度動画像伝送を経済的に実現するため、バックボーンに動画像専用網を構築することを提唱しており [1]、その交換方式として新たに可変速度 TDM 交換方式を提案している [2]。将来の大規模数の可変速度動画像コネクションの収容に対応するためには、交換機のコネクション受け付け制御、優先制御、伝送レート監視制御の一連の品質保証機能はなるべく少ない処理量で行われる必要があるが、可変速度 TDM 交換方式は、TDM をベースとしており、ダブル FIFO バッファによる簡素なバッファ管理によりこれらの処理を行うため、簡素化の要求に対応できると思われる。

本稿では、この可変速度 TDM スイッチによる可変速度動画像トラフィックの交換に際して、品質保証に有効な端末でのトラフィックシェーピング手法を提案する。また本方式によれば、タイムスロットの損失率は簡単な ON-OFF モデルによる近似で求められることを示す。

2 可変速度 TDM 交換方式の動作原理

可変速度 TDM 交換方式は図 1 の TDM フレームの構成をとる。本方式で、TDM フレームヘッダに宛先、優先度等を記すことによりタイムスロットの割当位置・個数を可変にできる。伝送速度が 622Mbps の場合、一つのコネクションが一フレームあたり平均一個のタイムスロットを使用することで平均 4.8Mbps の帯域を得る。

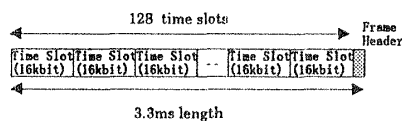


図 1: 可変速度 TDM 交換方式のフレーム構成

本方式の代表的なスイッチ構成であるクロスポイントバッファ型可変速度 TDM スイッチを図 2 に示している。このスイッチでは各クロスポイントバッファはダブルバッファ構成になっており、入力される TDM フレームのタイムスロットが全て一旦片方のバッファに蓄積さ

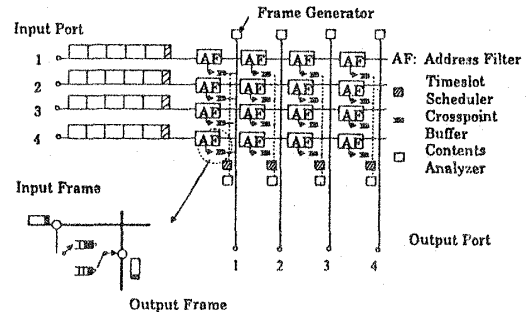


図 2: クロスポイントバッファ型可変速度 TDM スイッチ

れる。トラフィックの偏りによって、一つの出力ポートに多重度（この場合は 128 個）以上のタイムスロットが向かうとする場合、優先制御が働いて、画像品質の維持に重要な情報を含むタイムスロットだけが出力 TDM フレームに割り当てられて転送され、残りは廃棄される。このような固定時間単位のトラフィック制御はエンド・ツー・エンドのジッタ（遅延分散）保証に有利である。

3 トラフィックシェーピング方式

本節では、図 3 に示される、ピークレートが 9.9Mbps、平均レートが 4.8Mbps の画像ストリームを送送する場合を例に挙げて、可変速度 TDM 交換方式で送送する場合のトラフィックシェーピング方式を示す。この画像ストリームは、352x240 の画像を MPEG2 Test Model 5[3] により符号化したものであるが、I,P,B の各ピクチャの情報量変動が規則的であるため、統計多重効果が比較的効きやすいと考えられる。

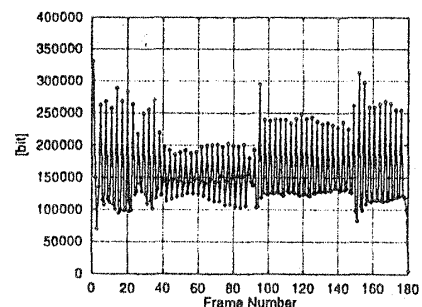


図 3: 伝送されるトラフィックの情報量変動の例

まず、コネクションのセットアップに当たり、送信端末とネットワークとの間でこのトラフィックのピークレートと平均レートを決定し、ネットワーク側では、4 節に述べる方法により TDM タイムスロット損失率の推定を行って、定められた損失率の要求を満たすことのできる範囲で新たなコネクションを受け付ける。

A control of video traffic for minimum bandwidth guarantee in variable bit rate TDM switch
Hiroaki Morino, Udomkiat Bunworasate,
Hitoshi Aida and Tadao Saito
Faculty of Engineering, The University of Tokyo
{morino,udomkiat,aida,saito}@sail.t.u-tokyo.ac.jp

* 本研究は日本学術振興会「未来開拓学術研究振興事業」に基づく研究プロジェクト「ポスト ATM 高度情報通信ネットワークアーキテクチャ」(JSPS-RFTF-96P00601)の一部として行なわれた。

情報転送の段階に入ると、各画像フレームの情報は、画像フレーム間隔内のすべてのTDMフレームに均等に割り当てられて伝送される。ここで、図3は画像フレームの間隔がNTSCに合う33msである場合のシェーピングを示しており、平均レート4.8Mbpsに相当する各TDMフレーム内のタイムスロット1個分に対して高い優先度のClass 1を割り当てる。こうすることで、Class 1のタイムスロットに対して、エンド・ツー・エンドで無損失が保証される。従来のセル交換方式あるいはパケット交換方式で同様の帯域保証を行うためには、各スイッチでLeaky Bucketによるレート監視あるいはWeighted Round Robin法によるスケジューリングを利用する必要があり、どちらにしてもコネクション単位のバッファ管理が必要であった。可変速度TDM方式によれば、端末のトラフィックシェーピングのみで実現できるため、各スイッチのバッファ管理を大幅に簡素化できる。

4 タイムスロット損失率の解析方法

本方式では、コネクション受付制御に用いる、簡単でかつ正確に損失率の算出法として、ON区間の継続時間が画像フレーム間隔に等しい固定長で、かつONの発生確率がベルヌーイ到着分布に従うON-OFFモデルが適当であると考えられる。可変速度TDM交換方式の場合、損失率の算出にあたりバッファリング遅延の影響を考慮する必要がないため、この式が正確に損失率を近似できることが期待できるからである。さて、可変速度TDM交換方式の伝送速度を Cl 、TDMフレームに収容できるタイムスロット数の最大値を m と定義する。あるコネクション i に割り当てられたピークレートを RP_i 、平均レートを RA_i とすると、一つのTDMフレームに存在するそのコネクションのタイムスロット数を l として、 l の確率分布 $P_i(l)$ を次のように表す。

$$P_i(l) = \begin{cases} p & (l = RP_i/Cl * m) \\ 1-p & (l = 0) \end{cases}$$

(ただし、 $p = RP_i/RA_i$)

この時、平均のタイムスロット損失率が次の式で与えられる。

$$\sum_{k=1}^N P_1 \times P_2 \times \dots \times P_N(k) \times \max\left(\sum_{i=1}^k RP_i \times Cl \times m - L, 0\right) / Np \quad (1)$$

(ただし、 $P_1 \times P_2 \times \dots \times P_N(k)$ は、 N 本のコネクションの中の合計で k 本がONになる確率を表す。)

特に全てのコネクションのトラフィックパラメータが等しい場合は、ピークレートを RP 、平均レートを RA と置くと次の通りになる。

$$\sum_{k=1}^N N C_k \times p^k \times (1-p)^{N-k} \times \max(k \times RP \times Cl \times m - L, 0) / Np \quad (2)$$

5 シミュレーションによる性能評価

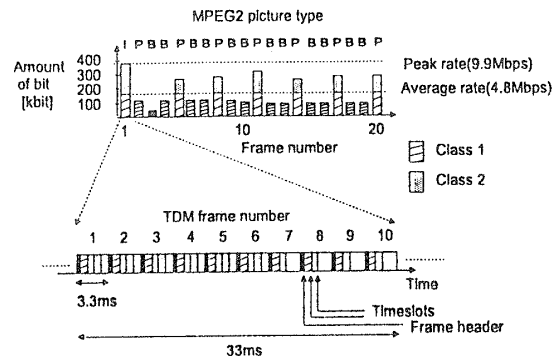


図4: 動画像情報への優先度付与とトラフィックシェーピング

16x16のスイッチに宛先をランダムに選んで図3のトラフィックを入力する場合のタイムスロット損失率を図4に示す。解析式による算出結果もあわせて示しているが、解析式がほぼ正確にシミュレーション結果を近似できていることが分かる。

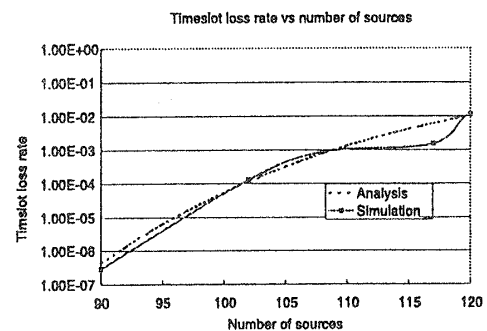


図5: タイムスロット損失率

6 まとめ

本稿では、可変速度TDM交換方式を利用し、可変速度動画像トラフィックに対してフレームベースで最低帯域を保証するトラフィック制御の枠組みを示した。また、低い優先度のタイムスロットについて、ON-OFFトラフィックモデルを用いた廃棄率の計算方法を述べ、実データを用いたシミュレーション結果をよく近似できることを明らかにした。

参考文献

- [1] 青木輝勝他, 「Post-ATM Network アーキテクチャの展望とその技術的課題」 1996年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-795.
- [2] ウドムキャット・ブンウォラセト他, 「連続メディアに適したクロスポイントバッファ型可変速度時分割スイッチアーキテクチャ」 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-6-14 1998年9月.
- [3] "Test Model 5", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG 93/457, Apr. 1993.