

## TS型可変速度TDMスイッチにおけるマルチキャスト対応スケジューリング方式

2V-9

Tan Tit Keat Udomkiat Bunworasate 森野博章 相田仁 齊藤忠夫  
 東京大学大学院工学系研究科

### 1 はじめに

将来大幅な増加が見込まれる可変速度動画像トラフィックを効率よくサポートするため、次世代のバックボーンに動画像専用網を構築することが提唱されており、その交換方式として新たに可変速度TDM交換方式を提案されている[1]。

また、今後の動画像トラフィックにおいてVoD(Video on Demand)などのような1対多のトラフィックが主流になることが見込まれる。そのため、可変速度TDM交換方式で可変速度動画像トラフィックを伝送するには、マルチキャスト通信機能の実現が不可欠である。

本稿では、可変速度TDMスイッチの1つとして提案されているTS型スイッチ[2]において、マルチキャスト通信をサポートできるスケジューリング方式を提案する。

### 2 マルチキャスト対応スケジューリング方式

本稿で提案するマルチキャスト対応スケジューリング方式はTS型可変速度TDMスイッチのスケジューラに利用される。この方式/アルゴリズムの動作を次で説明するが、説明の中で使われる「出力タイムスロット時間単位」を図1のように定義する。以降、簡単のため「出力タイムスロット時間単位」を「時間単位」と略称する。

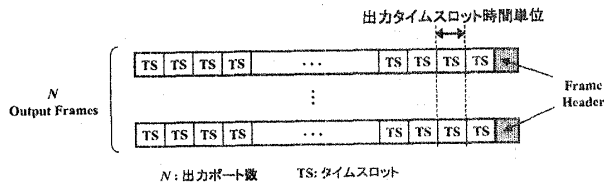


図1: 「出力タイムスロット時間単位」の定義

- スケジューリング・プロセスが時間単位で行われ、多重度の128回だけ繰り返される。各時間単位において、できるだけ多くの出力フレームにタイムスロットを埋め込むようにスケジューリングする。
- スループットを向上させるため、ファンアウト<sup>1</sup>分割可能という方針を取る。すなわち、複数の出力ポートを宛先とするタイムスロットをそれぞれの出力フレームの同じ時間単位に埋め込むことができない

Multicast Scheduling Algorithm for TS-type VTDM Switch  
 Tan Tit Keat, Udomkiat Bunworasate, Hiroaki Morino, Hitoshi Aida and Tadao Saito  
 Faculty of Engineering, The University of Tokyo  
 {tktan,udomkiat,morino,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。

<sup>1</sup>マルチキャスト通信におけるパケットのコピー数

い場合、それぞれ<sup>2</sup>を異なる時間単位にスケジューリングすることを許す。ただし、それぞれの時間単位は同じフレーム時間内にある。

- ファンアウト分割なしでスケジューリングできるタイムスロットを優先して、先に処理する。
- ファンアウト分割をしない場合 (Non-Split):
  1. ある時間単位において、まだ空いている出力ポートのみを宛先とする入力タイムスロットを選び出す。
  2. 入力タイムスロットの候補が複数ある場合には、次の方針で1つを選択する:
    - (a) 割り当てられていないタイムスロットが一番多く存在する入力ポートのタイムスロットを選ぶ。
    - (b) (a)の中で、ファンアウトの最も大きいタイムスロットを選ぶ。
- ファンアウト分割が必要な場合 (Split):
  1. 割り当てられていないタイムスロットが一番多く存在する入力ポートのタイムスロットを選ぶ。
  2. 1.の中で、まだ空いている出力ポートを最も多く埋め込むことができるタイムスロットを選び出し、ファンアウト分割をしてスケジューリングする。

### 3 スケジューリング方式の動作例

4×4のTS型スイッチに多重度4のマルチキャスト・トラフィックが入力された場合を例に取って、提案方式の動作を説明する。図2において、 $C_i$ とは、入力ポート $i$ のトラフィックを記述したものである。 $(j, k)$ の要素がセット(1)されていれば、その入力ポートの $j$ 番目のタイムスロットは出力ポート $k$ を宛先とすることになる。一方、 $T_i$ とは、時間単位 $i$ においてスケジューリングされた出力トラフィックを記述したものである。 $(j, k)$ の要素はセットされていれば、出力ポート $k$ を宛先とする入力ポート $j$ のタイムスロットが選択されたことを意味する。

- 最初は、任意の入力ポートの任意のタイムスロットも1時間単位で出力ポートへスケジューリングできるため、負荷の最も高い入力ポート(1)を選択する。入力ポート1において、ファンアウト2をもつ1番目のタイムスロットが選択される。
- そして、同じ時間単位内において、空きの出力ポートは1と4になったため、次の入力ポート候補は2と3のみになる。入力ポート3の負荷はより高いため、入力ポート3は選択され、出力ポート4のみを宛先とする2番目のタイムスロットはスケジューリングされることになる。

<sup>2</sup>ファンアウト分だけ複製/コピーされたタイムスロットのこと

- 最後、空きの出力ポートは1のみになる。入力ポート2の2番目のタイムスロットは選択され、 $T_1$ が決定される。
- $T_2 - T_4$ も同じ方法で決定される。
- $T_4$ において、入力ポート1の3番目のタイムスロット、そして、入力ポート2の1番目のタイムスロットは選択された後、空きの出力ポートは4のみになったため、ファンアウト分割による出力が必要である。入力ポート4の3番目のタイムスロットが”分割”され、出力ポート4にスケジューリングされる。
- 4時間単位が経過したため、残ったタイムスロットはスケジューリング・ミスと見なす。

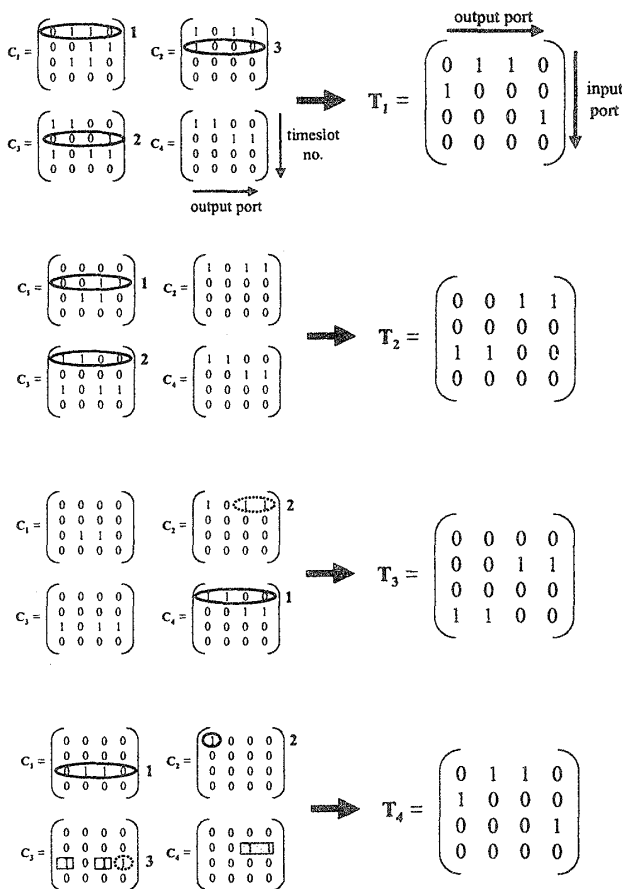


図 2: 提案方式の動作例

4 シミュレーションによる性能評価

表 1に示してある条件に基づいて、計算機<sup>3</sup>でシミュレーションを行って、上述したスケジューリング方式を実装した際のスケジューリング・ミスを検討してみた。結果は図 3に示す。ロス・レートは式 1のように定義した。ただし、 $N_1$ と $N_2$ はそれぞれ入力時のタイムスロット数と残りのタイムスロット数である。

$$\frac{\sum_{N_2}^{N_1} \text{残りのタイムスロットのファンアウト}}{\sum_{N_1}^{N_2} \text{入力時のタイムスロットのファンアウト}} \quad (1)$$

トラヒック・モデル	平均 4.8Mbps MPEG2 ストリーム
通信宛先分布	ランダム一様分布
ファンアウト分布	ランダム一様分布
入力/出力ポート数	16
1ポート当たりの多重度	128
平均ファンアウト	4
入力ロード	パラメータ

表 1: シミュレーション条件

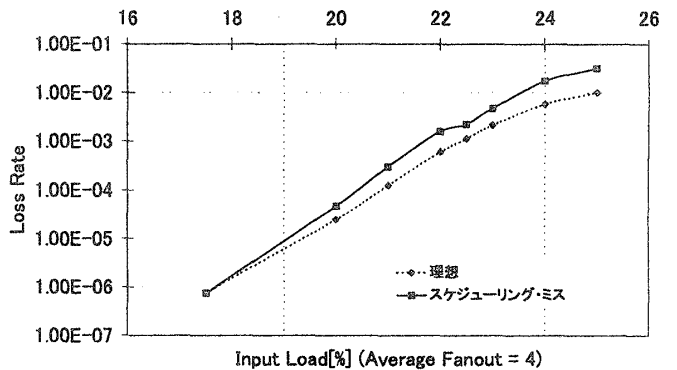


図 3: スケジューリング方式の性能評価

図 3において、「理想」というグラフはスケジューラに理想のスケジューリング方式を実装した際に生じる最低限のロス・レートを示す。このロスはある出力ポートを宛先とするタイムスロットの数が可変速度 TDM フレームの多重度 (128) を超えたことによるものである。図 3を見れば分かるように、平均ファンアウトが 4 で入力ロードは 20% のとき (すなわち、出力ポートにおける平均ロードは 80%)、スケジューリング・ミスは  $10^{-4}$  程度で、TV 並みの画質の動画像伝送 [3] が提供できると言える。

5 まとめ

本稿では、TS 型可変速度 TDM スイッチにおいて、マルチキャスト通信をサポートできるスケジューリング方式を提案した。また、シミュレーションによる検証により、本方式で VoD などのような 1 対多の動画像トラヒックを TV 並みの画質で提供できることを示した。

参考文献

[1] Udomkiat Bunworasate 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」1998 年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。  
 [2] 村中孝行他, 「TS 構成の可変速 TDM スイッチアーキテクチャ」, 1998 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-6-15 1998 年 9 月。  
 [3] 大西隆之他, 「可変速時分割スイッチにおける MPEG2 ストリーム制御」, 1998 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-6-16 1998 年 9 月。

<sup>3</sup>CPU: Pentium II 450Mhz, OS: Solaris 2.7, gcc: 2.8.1