

## Banyan 構成の可変長パケット交換機の性能評価\*

1 V-6

村中 孝行 青木 輝勝 相田 仁 齊藤 忠夫†  
 東京大学工学部‡

## 1 はじめに

WWWによりインターネット人口は、近年になって急速に増加してきた。そのような状況の中で、高速大容量IPルータへの期待はますます高まってきている。

一般に交換機の構成には、1段構成による実現と小規模交換機のネットワークによる多段構成による実現との2種類あるが、現在主流となっている共通バス型IPルータにはバスの高速化限界があり、1段構成では十分な大容量化は行えない。そこで多段構成による高速大容量化を目指し、IPルータのBanyan構成交換機を提案する。

## 2 Banyan 網の可変長パケット交換特性

本来、Banyan 網は ATM 等の固定長セル交換に用いられるため、まずこのスイッチの可変長交換特性を評価しておく。シミュレーションモデルとして、 $2 \times 2$  スイッチングエレメントで構成された  $8 \times 8$  Banyan 網を考える。パケットの伝搬遅延は  $5 \mu\text{s}$  であるとして以下のパケットを流す。

- |                                    |
|------------------------------------|
| (1) 760octet の固定長セルの同期入力           |
| (2) 760octet の固定長セルの非同期入力          |
| (3) 20~1500octet の一様分布を持つ可変長パケット入力 |

それぞれのケースでパケット損失率  $10^{-4}$  を達成するのに必要なバッファを求め、それを固定長同期入力をもとに正規化したグラフを図1に示す。

この結果、高々2倍程度のバッファを準備することで、可変長パケット交換に対しても固定長同期セル交換と同様の性能を発揮できることがわかる。また可変長パケット交換においてパケット廃棄時における残りバッファ量の占める割合が、負荷の低下に従って徐々に大きくなるためバッファ使用効率が減少し、結果、相対的な必要バッファ量の上昇がみられる。これは Banyan 網の可変長パケッ

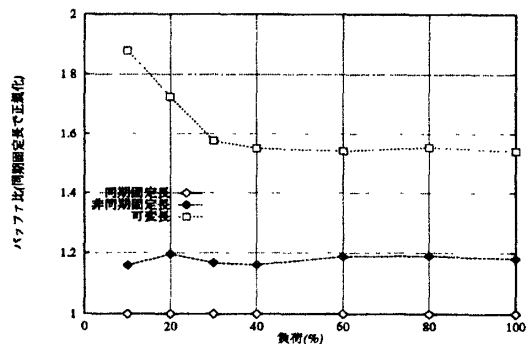


図1: 固定長同期で正規化したバッファ比

ト交換特性というよりはむしろバッファ使用効率の問題である。

一方、現在唯一といって良い高速交換技術に ATM がある。しかし ATM と TCP/IP との相性は良くないことが知られている。これは ATM の 53octet の固定長セル交換方式、コネクション型プロトコルなどに起因している。そこで IP をそのまま交換する手法と、ATM セルに分割して交換する手法とを比較してみる。また IP データグラム長の分布による影響も考慮するため、以下のそれぞれのパケットを先述の Banyan 網で交換する。

- |                                  |
|----------------------------------|
| (1) 20~1500octet の一様分布を持つ可変長パケット |
| (2) 実際の分布長を持つ可変長パケット             |
| (3) (1) の可変長パケットを ATM セルに分割      |
| (4) (2) の可変長パケットを ATM セルに分割      |

図2に、パケットレベルでの損失率  $10^{-4}$  を達成する際のスループットとバッファサイズとの関係を示す。

この結果、IP データグラムを ATM セルに分割して交換する手法は望ましくないことがわかる。これは、ヘッダのオーバヘッドや、1セルの損失が1パケットの損失となる点に起因していると考えられる。実際の ATM ではさらにセルの分解・組立のオーバヘッドなどが生じることを考えると可変長パケットのまま交換する手法のほうが優れている。また、現実の IP データグラム長の分布は一様分布に比較して、パケット損失率に好影響を及ぼすが、本質的な影響は与えないことがわかる。

\*Performance Evaluation of Variable-length Packet Switching with Banyan Network

†Takayuki Muranaka, Terumasa Aoki, Hitoshi Aida, Tadao Saito

‡Faculty of Engineering, The University of Tokyo

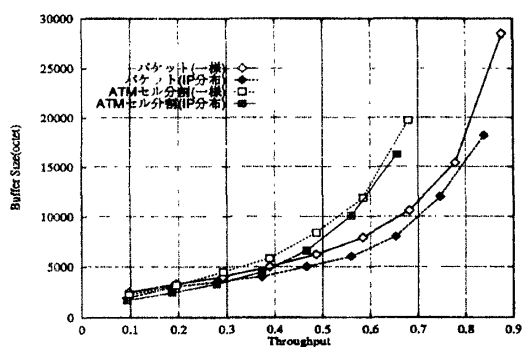


図 2: ATM セル分割効果と IP 長の分布影響

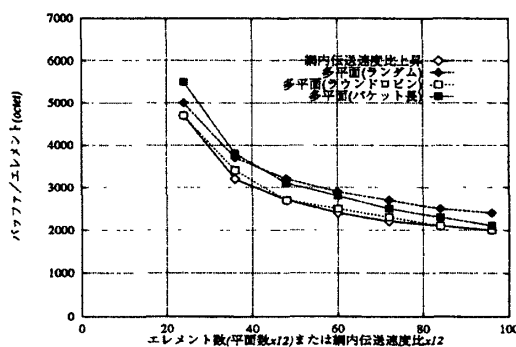


図 4: バッファ量とスイッチエレメント数

### 3 内部セル損失問題

Banyan 構成された交換機には、内部セル損失問題が生じる。固定長セル交換機の場合、この問題を解決する手法が様々に提案されているが、これらの手法が可変長パケット交換の場合にも効果がみられるか評価する。内部セル損失解決手法として以下のものを採り挙げる。

- 交換網内の伝送速度を外部に比較して速くする。
- Banyan 網平面を多平面化する。
  - ランダムにパケットを平面に分岐させる。
  - ラウンドロビンで分岐させる。
  - パケット長に応じて分岐させる。

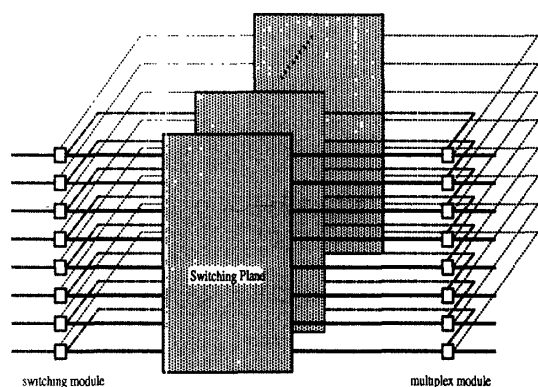


図 3: 多平面化 Banyan 網

モデルとなる Banyan 網及びその他のシミュレーション条件は、先述のものと同じ。

結果を図 4 に示す。グラフはパケット損失率  $10^{-4}$  を実現する際に必要なバッファ量を示している。これから、あるパケット損失率を実現するのに必要なエレメント当た

りのバッファ量は、伝送速度を上昇と平面数の増大に連れて減少する。つまり固定長セル交換において内部セル損失を解消する手法は、可変長パケット交換においても効果を持つと言える。しかしながら、グラフ上の点がほぼ双曲線状であることから考慮すると、多平面化による手法ではあるパケット損失率を実現するのに必要な全体のバッファ量はほぼ一定であることがわかる。

### 4 まとめ

以上をまとめておく。Banyan 網の可変長パケット交換は固定長同期セル交換の際の高々 2 倍のバッファで同等の性能を示し、IP データグラムを ATM セルに分割して交換する方法よりも優れている。また IP データグラム長の分布はパケット損失率に支配的な条件ではない。しかしながら、内部セル損失解消の手法は、単純な制御を用いたものでは、あるパケット損失率を達成するのに必要な総バッファ量はほぼ一定になってしまう。

従って今後は、遅延等の他の性能パラメータに注意しながら、制御手法を工夫していく必要があると考えられる。

### 参考文献

- [1] Martin de Prycker, *ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE Solution for Broadband ISDN*, Prentice Hall.
- [2] Chris Dhas, Vijaya K. Konangi, M. Sreetharan, *BROADBAND SWITCHING architectures, protocols, design, and analysis*, IEEE Computer Society Press.
- [3] Craig Partridge, *Gigabit Networking*, Addison-Wesley Publishing Company.