

全二重 Ethernet スイッチングハブにおける輻輳制御に関する考察

5U-4

関根 佳明 稲井 寛 山北 次郎

E-Mail: {sekine, inai, yamakita}@c.oka-pu.ac.jp

岡山県立大学 情報工学部

1 はじめに

現在、非常によく用いられている LAN の方式のひとつとして、Ethernet があげられる [1]. なかでも UTP(Unshielded Twisted Pair) ケーブルを用いる 10BASE-T, FastEthernet(100BASE-TX) は非常に普及している. これらの UTP ケーブルを用いる Ethernet では, スター型の配線になるため, ハブと呼ばれる集線装置が必要となる. 近年, 全二重 Ethernet スイッチングハブのポート単価は価格は急激に低下し, 非常に普及し始めている.

このようなネットワークでパケット廃棄率を低減させるには, ハブにおいてなんらかの輻輳制御を行うことが望ましい. 現在, 全二重 Ethernet スイッチングハブにおいては, IEEE802.3x 規格にもとづいて輻輳制御が行われていることが多い. しかし, IEEE802.3x 規格による輻輳制御では, 一定時間完全にパケット送出を止めるため, スループットの低下, 送信端末の待ち行列長の増加などが予想される. そこで, スループットを低下させず, かつパケット廃棄率を悪化させないように, 送信端末側のパケット送出速度を落とすことによる輻輳制御方式を提案する. 本稿においては, 現行の方式による輻輳制御と, 今回提案する方式による輻輳制御について, シミュレーションを用いて性能評価を行った.

2 Ethernet における輻輳制御について

本稿では, 以下に示すような 3 種類の場合におけるシミュレーションを行い, 結果を比較する.

- 輻輳制御なし  
輻輳制御は行わない. バッファがあふれた場合そのパケットは廃棄される.
- IEEE802.3x に基づく輻輳制御方式  
受信側バッファに閾値を設け, その値を越えると制御フレーム (pause frame: ポーズフレーム) を送信側に送る. その制御フレームを受信した送信側インターフェイスは  $pause\_time \times$  ビット時間のあいだ送信を停止する.
- 今回提案する輻輳制御方式  
受信側バッファに閾値を設け, その値を越えると制御フレームを送信側に送る. その制御フレームを受信した送信側インターフェイスは, 送信速度

を下げることによって輻輳制御を行う. 受信側バッファ内パケット数が閾値以下になると, 受信側は再び送信側に制御フレームを送り, それを受信した送信側インターフェイスは送信速度を元に戻す.

3 シミュレーションモデル

今回のモデルでは簡単化のため, パケットサイズは固定長とする. そして, パケット送出時間 (以降「スロット」という) で正規化された離散時間システムを考える. パケットの到着, 退去等のイベントはスロットの境界のみで起こるものとする.

3.1 全二重 Ethernet スイッチングハブのモデル

バッファの使用効率を上げるためには, 各ポートがバッファを共有するのが望ましい [2]. そこで本稿では, 図 1 にしめすような, 同じ数の入力ポートと出力ポートを持つ共有バッファ型のスイッチングハブを考え, モデル化する. ここでは, 到着パケットは行き先に応じて, 各出力ポートに設けられた論理的な待ち行列に並び, そして, スロット時間ごとに, 各出力ポートから 1 つずつパケットが出力されるものとする.

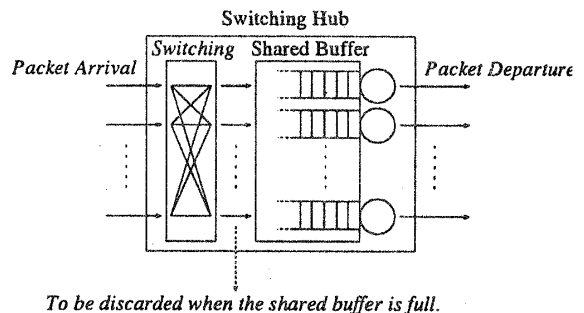


図 1: スイッチングハブのモデル

3.2 送信端末のモデル

送信バッファを持つような送信端末を考えて, モデル化する. 送信端末は次節で示すようなトラヒックモデルに基づき, スロット時間ごとにパケットを発生する. 発生したパケットは, 送信バッファに格納された後, 全二重 Ethernet スイッチングハブへ出力される.

3.3 トラヒックモデル

本稿ではバースト性を持つパケットの発生について考える. 各送信端末はオン, オフの 2 つの状態を持ち, それぞれの状態では 1 スロットあたり 1, 0 個のパケットを発生するものとする. オン期間長, オフ期間長がそれぞれ平均  $1/\alpha, 1/\beta$  の幾何分布に従うと仮定すると, このモデルの状態遷移は図 2 のようになる. また, 次の状態への遷移は各スロット境界で起こるものとする.

Consideration about Congestion Control at a Full-Duplex Ethernet Switching Hub  
Yoshiaki SEKINE, Hiroshi INAI and Jiro YAMAKITA  
Faculty of Computer Science and System Engineering,  
Okayama Prefectural University  
111 Kuboki Soja Okayama 719-1197 Japan.

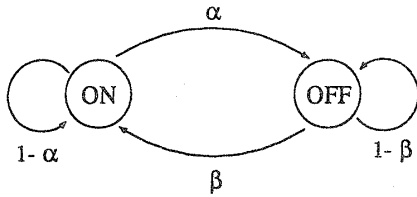


図 2: 2 状態 ON-OFF モデル

4 数値例

ここでは、スイッチングハブの入力ポート数  $M_{in} = 8$ , 出力ポート数  $M_{out} = 8$  として、シミュレーションを行う。ただし、平均バースト長 100, メディア速度は入出力ともに 100Mbps, IEEE802.3x に基づく輻輳制御における  $pause\_time = 5$  とする。そして、今回提案する輻輳制御が行われた場合は、メディア速度は 10Mbps にするものとする。また、ある 1 本のポートへの出力割合が 0.4 とする。そして、その他のポートへの出力割合を  $(1 - 0.4)/(8 - 1) = 0.085714 \dots$  とする。なお、全 2 重 Ethernet スwitchングハブのバッファは 1000 パケット分、送信側端末のバッファは無限にあるものとする。

まず、それぞれの場合において、最適な閾値 (図 3) を求める。今回提案する輻輳制御方式のほうが、同じバッファサイズの場合、閾値を高く設定してもパケット廃棄が発生しない。すなわち、閾値の設定の自由度が高いと考えられる。

次に図 3 を用いて、パケット廃棄がほぼおこらないように閾値を定め、パケット発生率とスループットの関係を見る (図 4)。また、送信側端末の平均待ち行列長を図 5 にしめす。

いずれの方式においても、パケット廃棄がほぼおこらないように閾値を定めると、いずれも輻輳制御を行わない場合に比べて、高いスループットが得られることが分かった。しかしながら、今回提案する輻輳制御方式のほうが、送信側端末の平均待ち行列長を短くすることができ、より優れた制御方式であると考えられる。

5 おわりに

以上のように、シミュレーションを用いることによって、今回提案する輻輳制御方式、IEEE802.3x による輻輳制御方式、輻輳制御を行わない場合の性能比較を行った。

今後の課題としては、今回提案するような輻輳制御方式を使っているハブを複数台接続した場合の解析、パケットサイズが可変長の場合の性能比較などがあげられる。

参考文献

[1] Robert Breyer, Sean Riley, "Switched and Fast Ethernet, Second Edition", ZIFF DAVIS PRESS, 1996.  
 [2] 青木 利晴, 青山 友紀, 濃沼 健夫, "広帯域 ISDN と ATM 技術", 電子情報通信学会, 1995.

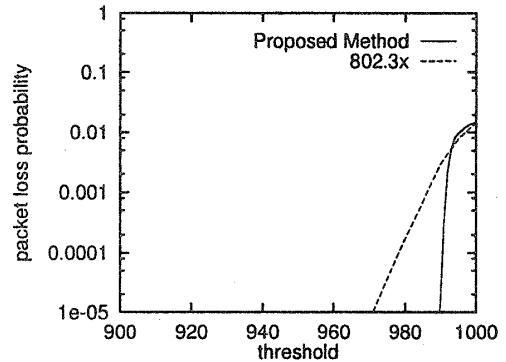


図 3: 閾値とパケット廃棄率の関係

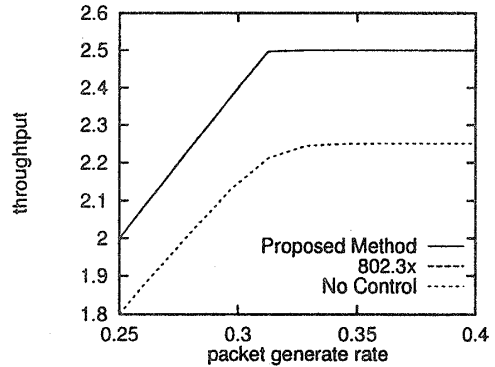


図 4: 各方式のスループットの比較

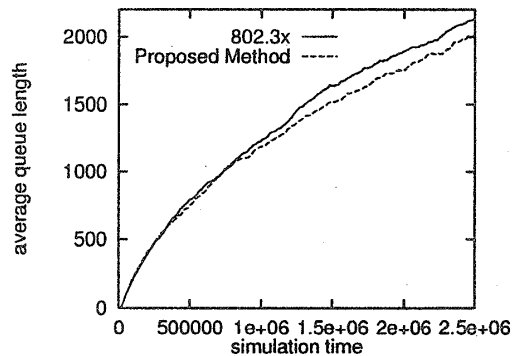


図 5: 送信側端末の平均待ち行列長