

## ATM-PON における LAN サービスの上りトラフィック制御の検討

## 2D-5

妹尾 尚一郎\*, 中村 貞利\*, 田辺 基文\*, 酒井 謙行#, 堀田 善文#  
三菱電機株式会社 情報技術総合研究所\*, 通信システム統括事業部#

## 1. はじめに

FTTH(Fiber to the Home)を実現する光ファイバ加入者系として ATM-PON(Passive Optical Network) [1][2]の適用が進んでいる[3]. ATM-PON の加入者側終端装置は ONT(Optical Network Termination)と呼ばれ, 電話や LAN など各種インタフェース毎のカードが挿入可能な構造が規定されている. 10/100Base-T といった LAN インタフェースを収容する LAN カードは, Ethernet フレームを AAL5 にマッピングし 1 つないし複数の ATM-VC との間で中継する.

ATM-PON を用いて LAN 間接続やインターネットアクセスといった LAN サービスを提供する場合[4], 一般のユーザ LAN の伝送速度が 10Mbps ないし 100Mbps であるに対し, 155Mbps の帯域を最大 32 の加入者で共用する ATM-PON は平均した帯域が比較して狭いため, ONT におけるユーザ LAN から ATM-PON への上りトラフィックにボトルネックが生じやすいと考えられる.

本稿はこのボトルネックに対処するため LAN カードにおけるトラフィック制御を検討するもので, 上りトラフィックの遅延を低減させると共にスループットを向上させるメカニズムとその実装評価を述べる.

## 2. LAN カードの上りトラフィックの中継方式

ONT の LAN カードには LAN サービスの上りトラフィックの滞留に備えたバッファが必要であり, バッファ効率などの観点から LAN からの受信フレームを AAL5 セルへマッピングして送信する前段に送信キューを設ける. ATM-VC が対地毎に複数あってトラフィッククラスやセル送信速度が異なることを前提に, 送信キューは ATM-VC 毎とする. この中継方式の例を図 1 に示す.

## 3. 最大遅延制御

上述したようにセル送信速度が異なる複数の ATM-VC 毎に送信キューが設けられる. LAN からのトラフィックはバースト的なので, 送信キューによっては受信レートと送信レートの差が著しく大量のフレ

ームが滞留するため廃棄することなく保持するには多量のメモリが要求される. 一方バースト的なトラフィックが通常 TCP などのフロー制御に従っていることを考えると, 大量のフレームを保持し秒オーダーの時間をかけて ATM-VC へ送信しても, そのうちフロー制御によってバーストが途絶えたり再送が行われたりするのでは, LAN と ATM-VC の速度差によらず滞留フレームを保持し続けるのは合理的でない.

よって LAN からのバーストトラフィックを保持するため一定量の受信バッファを確保すると共に, ATM-VC への送信キューにおいてセル送信速度から定まるキューでの滞留時間に制限を設け, 制限を超えるフレームを廃棄するバッファ制御方式を取ることとする. これを最大遅延制御と呼ぶ.

最大遅延制御の概念を図 2 に示す. なお最大遅延制御のキュー滞留制限時間は, TCP のタイム値である 500ms 程度が望ましいと考えられる.

## 4. RED(Random Early Detection)

RED は動的キュー管理の手法として提案され[5], さまざまな改良が加えられている [6][7]. RED はキューの移動平均長に応じてパケットを確率的に廃棄するものであり, TCP トラフィックのスループットを改善する効果が認められている. キューの移動平均長に代わる尺度を用いたり TCP フロー毎の状態を反映したりして廃棄確率を計算すれば RED よりも効果的とされるが, 広帯域トラフィックをサポートするための性能と実装の容易さを考慮して, 本稿では RED を LAN カードの上り送信キューに適用することとした. なお RED の廃棄確率関数は[5]では  $\max\_th$  以上で 1 であるが, [6][7]に従い  $\max\_th$  では  $\max\_p$  でキュー最大長の時 1 になる区間毎の線形関数とした. これは最大遅延制御の効果を保つ意味もある.

## 5. 実装評価

上記最大遅延制御および RED を ONT の LAN カードに実装する試作を行った. 実装においては移動平均を中継パケット毎でなく周期的に計算するなどの工夫により RED 処理の高速化を図った. 次のような RED のパラメータの組合せで 4 本の TCP コネクションの同時中継時の合計スループットを測定した結果を図 3 に示す. 図中, 縦軸は合計スループット, 横

軸は送信先 ATM-VC の PCR(Peak Cell Rate)である.

max\_p = 0.1 or 0.2  
 min\_th = 3000/53 cell  
 max\_th = min(min\_th\*3 (or 10), Mi-1)  
 ただし Mi はキュー滞留制限時間内に蓄積される最大データ量 (VC の PCR\*0.5)  
 w\_q = 1/512

RED の有無およびパラメータ値による差はわずかで TCP のスループット向上効果は認めにくいですが, TCP コネクション数が少ない場合 RED の効果が出ていくことは [6]などで指摘されており妥当な結果と考えられる.

6. まとめ

ATM-PON の ONT において LAN サービスの上りトラヒックの遅延を抑制し転送効率を向上させるため, LAN カードのトラヒック制御への最大遅延制御および RED の適用を検討した. 今後は ATM-PON 標準化が検討されている動的帯域割当(Dynamic Bandwidth Assignment)を加えた評価を実施する予定である.

謝辞 実装評価に携わった三菱スペースソフトウェア(株)の武内和則氏, 北川陽子氏に感謝する.

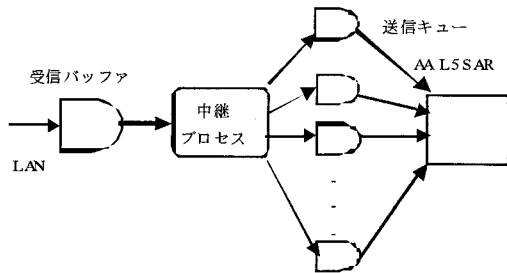


図1 上りトラヒックの中継方式

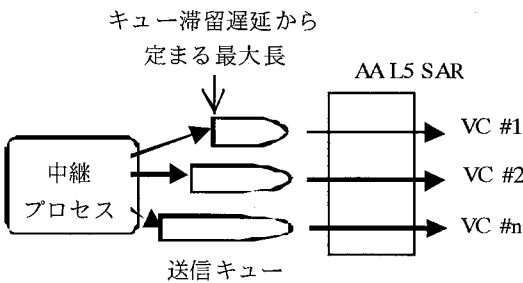


図2 最大遅延制御の概念

参考文献

[1] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks (PON)", ITU-T, October 1998.  
 [2] ITU-T Recommendation G.983.2, "The ONT Management and Control Interface Specification", ITU-T, June 1999.  
 [3] Estes, R., Erickson, J., et al, "FTTH Architectures and Systems SBC Requirements and Deployment Strategy," 10th International Workshop on OLAN/FSAN 2001, Yokohama, Japan, April 2001.  
 [4] 田辺, 妹尾, 中村, 斉藤, 酒井, "ATM-PON における 10/100Base-T 加入者インタフェースの収容," 本大会予稿 3F-05, September 2001.  
 [5] Floyd, S., and Jacobson, V., "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.1, No.4, p.397-413, August 1993.  
 [6] Rosolen, V., Bonaventure, O., and Leduc, G., "A RED discard strategy for ATM networks and its performance evaluation with TCP/IP traffic", ACM Computer Communication Review, July 1999.  
 [7] RED Homepage, <http://www.aciri.org/floyd/red.html>.

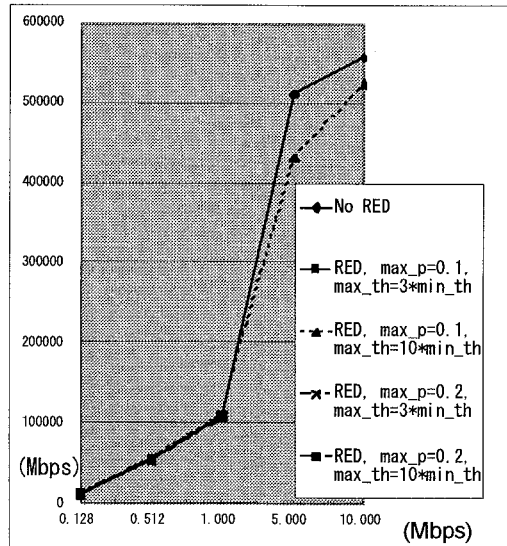


図3 RED適用時のスループット評価