

山口雅信 伊東克能 高崎喜孝  
東洋大学大学院工学研究科

## 1 はじめに

近年のネットワークの高速化と一定の QoS 保証技術によって、リアルタイムデータ転送における再送によるエラー制御が可能となってきている [1]。我々はこれまで、リアルタイム情報をアプリケーションでの処理の面から見た場合には離散的なデータブロック (Application Data Unit-ADU) の集合であると考えられる点に着目し、この ADU 毎に ATM のブロック転送機能である ABT(ATM Block Transfer) を用いて転送し再送によるエラー制御を行なうリアルタイム通信の実現について検討し、その結果を元に高品質なリアルタイムデータ転送を実現するためのトランスポートプロトコル  $R^3TP$  (Retransmission-based Reliable Realtime data Transfer Protocol)[2] と、その中で使用するリアルタイム通信に適したパケットロス検出方式について提案してきた [3]。本稿では、この  $R^3TP$  で使用する誤り制御と輻輳時の特性について報告する。

## 2 $R^3TP$

$R^3TP$ (図 1) は ADU の概念に基づき、ABT と再送による誤り制御を使用してアプリケーションプログラムに高品質なリアルタイム情報通信を提供する。 $R^3TP$  ではこの ADU を基本単位と考え、個々の ADU の転送の連続性及びリアルタイム性を保障することで全体のメディアストリームとしてのリアルタイム性も保障する。

### 2.1 $R^3TP$ の誤り制御

誤り制御の手法としては大きく分けて再送と訂正の 2 種類があるが、 $R^3TP$  では前述のように誤り制御として再送を使用する。従来はリアルタイム通信で再送による誤り制御を行う事は帯域不足等の点から現実的でないと言われてきたが、近年のネットワークの高速化及び QoS 保証技術、特に ATM のそれを次に述べるように使用することでリアルタイム通信でも再送は充分利用可能である [2]。

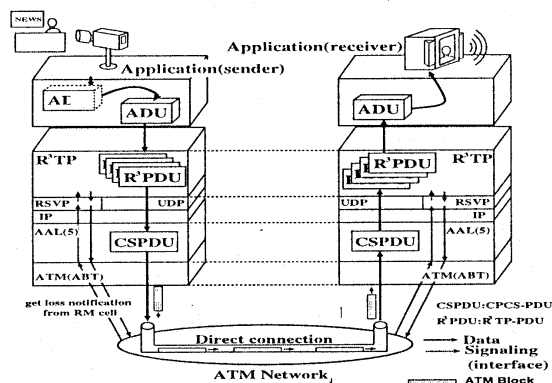


図 1:  $R^3TP$  related protocol stack.

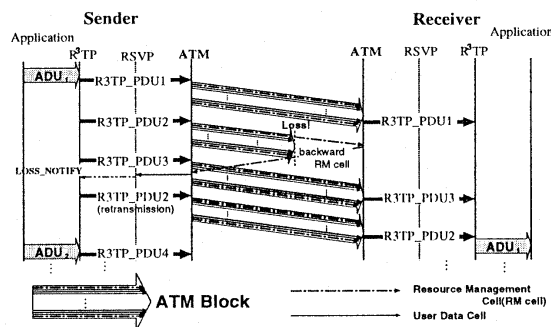


図 2: RMセルによるブロックロス検出と再送制御

リアルタイム通信のための誤り制御として再送を使用する場合には、高速かつ正確なパケットロス検出が不可欠であり、 $R^3TP$  では ABT の RM セルの情報を利用してロス検出を行うことでこれを実現している (図 2)。これは ATM ブロックが資源確保の失敗によりネットワーク内部で失われた場合に、送信側へ送り戻される RM セルにロスを示す情報が含まれるという性質を利用するものであり、ABT のブロックロス情報を  $R^3TP$  が理解出来る NAK 情報に変換するために RSVP を一部拡張して使用している [3]。

## 3 シミュレーションによる検証

$R^3TP$  の特性をネットワークシミュレーションにより検証した。シミュレーションは ABT 機能を持つ IP

over ATM ネットワーク上で約 1100Km 離れた送受信ノード間で  $R^3TP$  によって MPEG2 リアルタイムデータを模したトラフィックの転送を行った。この時に ATM ブロックのためのバッファが不足した場合にブロックロスが発生する ATM スイッチのモデルを使用した。

### 3.1 ロス検出方式の比較

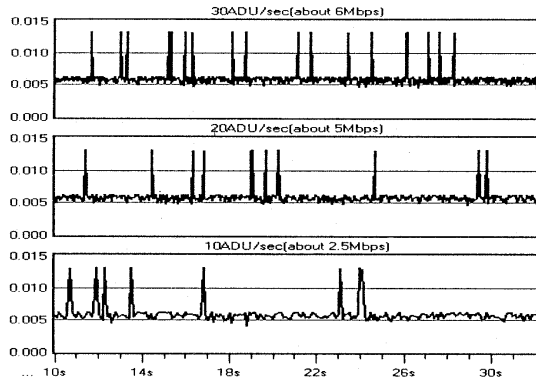


図 3: RM セルによるロス検出

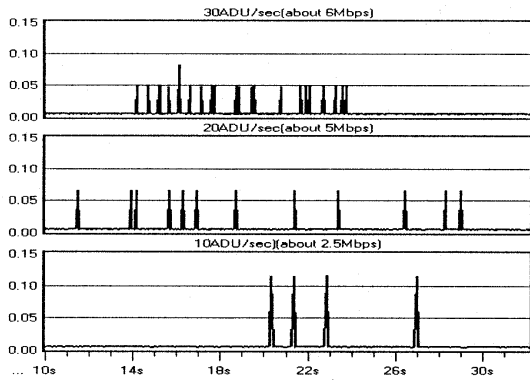


図 4: NAK によるロス検出

図 3 と 4 は一般的な NAK によるロス検出（及び再送）と RM セルによるロス検出の比較である。これらのシミュレーションではそれぞれのロス検出方式の ADU 生成間隔の影響を検証している。図 3 を見ると、RM セルによるロス検出方式ではロス発生時（プロット中の山になっている部分）でも非常に高速に検出及び再送による回復が行われていて、ADU の生成間隔の変化に対しても影響を受けていないことが判る。

それに対して、NAK によるロス検出では図 4 のように RM セルによるロス検出よりもロス時の回復に時間がかかり、更に ADU の生成間隔が大きくなるとロス検出に要する時間が増大していることが判る。

### 3.2 ネットワーク負荷の影響

図 5 はネットワーク負荷に対する  $R^3TP$  の耐性を検証するためのシミュレーション結果である。このシミュレーションはネットワークの負荷状況を変化させ

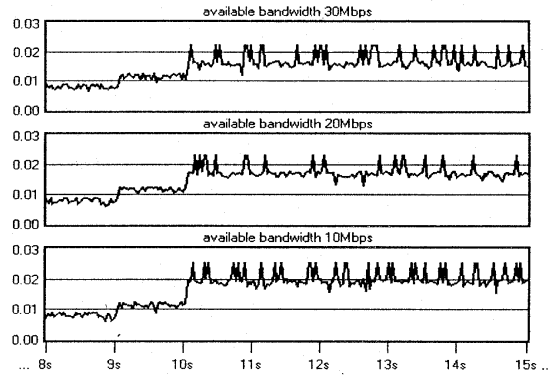


図 5: ネットワーク負荷の影響

ている事を除けば前節のシミュレーションと同じモデルを使用していて、時刻 10 秒から負荷の発生を始めている。これらのグラフは上からネットワークの空き帯域が 30Mbps、20Mbps、10Mbps の場合の結果を示している。空き帯域 20Mbps までの結果はロス回復も含めて大きな差がないが、空き帯域 10Mbps のシミュレーションでは転送に要する時間が増大し始めている。また、空き帯域 6Mbps のシミュレーションの時点で正常な転送が不可能となり輻輳状態になることが判った。これらの事から、 $R^3TP$  はネットワークの利用可能な帯域が大きく減少した状況に対する耐性もあることが判った。

## 4 まとめ

$R^3TP$  の特性について、ロス検出方式と高負荷時の特性について検証を行った。これらの結果に基づき、今後は具体的な輻輳対策やマルチキャスト等の機能拡張を検討していく。

## 参考文献

- [1] Bert J. Dempsey, Jörg Liebeherr, Alfred C. Weaver, "On retransmission based error control for continuous media traffic in packet-switching networks," COMPUTER NETWORKS and ISDN SYSTEMS 28, pp.719-736, 1996
- [2] 山口雅信、伊東克能、高崎喜孝、"ABT と再送を使用した高品質リアルタイムデータ転送プロトコル," 情報処理学会第 59 回全国大会分冊 3, pp.525-526
- [3] 山口雅信、伊東克能、高崎喜孝、"再送を用いたリアルタイムデータ転送プロトコルに適したロス検出方式," 電子情報通信学会 信学技報 IN99-83, 1999