

# M-13 リアルタイム通信プロトコル $R^3TP$ の実装実験

## Implementation of Realtime data transfer protocol $R^3TP$

山口雅信<sup>†</sup>      伊東克能<sup>†</sup>      高崎喜孝<sup>†</sup>  
 Masanobu Yamaguchi    Katsuyoshi Ito    Yoshitaka Takasaki

### 1 はじめに

近年アクセスネットワークの高速広帯域化が進み、リアルタイム性を要求するアプリケーションの需要も増加しつつある。また、QoS 保証技術の研究が進んだことにより従来はあまり有効でないと考えられていたリアルタイム通信における再送による誤り制御が有効となる状況も出現しつつある。我々はこれまでに ATM のブロック転送方式である ABT と再送による誤り制御を使用して高品質なリアルタイムデータ転送を行うトランスポートプロトコル  $R^3TP$  (Retransmission-based Reliable Realtime data Transfer Protocol) を提案し、シミュレーションによる検証を行ってきた [1]。本稿では  $R^3TP$  の実装とその検証結果について報告する。

### 2 $R^3TP$ の実装

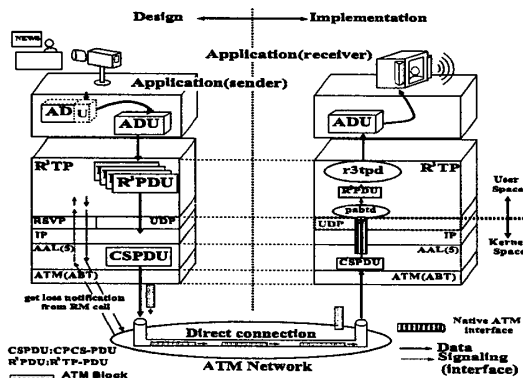


図 1:  $R^3TP$

$R^3TP$  は再送による誤り制御を行なうことで高

<sup>†</sup>東洋大学大学院工学研究科

品質なリアルタイム通信を提供するプロトコルである。この  $R^3TP$  の FreeBSD での実装の構造を  $R^3TP$  を図 1 に示す。 $R^3TP$  は ABT 機能を必要とするが、今回は ABT 機能を持つ ATM スイッチを入手できなかったため通常の ATM ネットワークに疑似的な ABT 機能を実現した上に  $R^3TP$  を構築した。

$R^3TP$  の機能は `r3tpd` という名前のデーモン (daemon) として構築した。図 1 右側にある同名の楕円形のオブジェクトがこれに相当する。`r3tpd` は  $R^3TP$  のセッション管理、疑似 ABT (後述) を使用したコネクションの管理などを行い、個々の  $R^3TP$  コネクション毎に動的にプロセスを起動して対応する。アプリケーションはライブラリ関数の形で提供される  $R^3TP$  用の API を介して  $R^3TP$  の機能を使用する。リアルタイム通信の誤り制御で再送を用いるためには高速なパケットロス検出スキームが必要であり、 $R^3TP$  では ABT で使用している RM セルの情報を利用してパケットロス検出 (RM セルスキーム) を採用することでこれを満たしている。

疑似 ABT 機能は ABT を持たない ATM ネットワークで RM セルスキームを実現するために作成した。疑似 ABT は FreeBSD に組み込まれている Native ATM インターフェイス (以下、NATM) [2] を使用して直接 ATM コネクションを制御し、 $R^3TP$  コネクション毎に ATM コネクションを割り付けている。そして ABT の動作と同様に RM セルを使用してブロック転送の制御を実行することで疑似的に ABT 機能を実現している。疑似 ABT の RM セル相当の情報 (以下、疑似 RM セル) を利用することで RM セルスキームによるパケットロス検出を実行している。

### 3 実験

ATM スイッチを介して 155Mbps のリンクで接続した 2 台の PC (CPU: Celeron 466MHz, Memory 128MB) 間でリアルタイム情報 (6Mbps, 30ADU/秒の MPEG2 データ) を模したトラフィックの転送の実験を行なった (伝搬遅延は 10ms である)。

#### 3.1 連続したパケットロスに関する評価

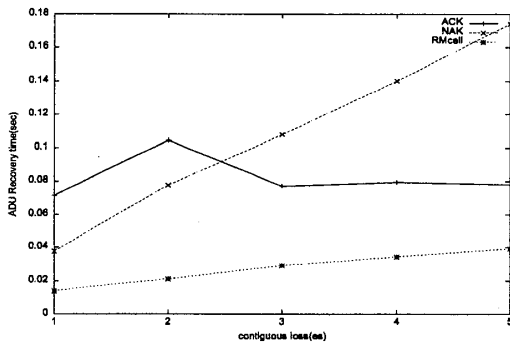


図 2: 連続パケットロスに対する ADU 回復時間

図 2 は転送中に発生したパケットロス (以下は単にロスと呼ぶ) とそれに対応する ADU の回復に要した時間をロスの連続発生数に関してまとめたものであり、一般的な ACK や NAK のスキームを用いてロス検出を行なうものを用意して比較対象とした。横軸がロスの連続発生数であり、それぞれの場合で ADU の回復に要した最大時間を抽出してプロットした。

ACK スキームではロスが連続発生した場合でも回復時間の増加は小さく抑えられているものの機構上高速な応答を得ることが難しく、NAK スキームではロスの連続発生に弱い、それに対して RM セルスキームを使用した回復は他の ACK、NAK に比して非常に高速に回復が行なわれているという結果が得られた。更に RM セルスキームではロスが連続して発生した場合でも回復時間が低く抑えられており、期待した高速なロス検出性能を示していることが確認できた。

#### 3.2 RTT に関する評価

次に、遅延モジュールの挿入により RTT が与える影響を比較した実験結果を図 3 に示す。RTT を変化させた以外の状況は 3.1 節の実験と同じで

ある。

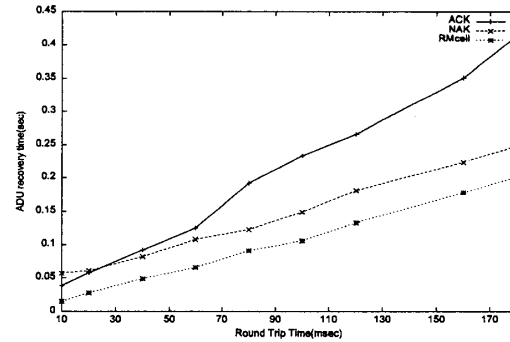


図 3: 伝搬遅延に対する ADU の回復時間

RTT の増大の影響を最も受けているのが ACK スキームであった。これはタイムアウト値が RTT の大きさから決定される部分が多いためであり、そのために RTT が小さな時には ACK スキームは NAK スキームよりもよい性能を示していたが、伝搬遅延の増大するにつれて逆転し回復時間が大きくなっている。

RM セルスキームによる回復でも再送という手段をとる以上、伝搬遅延の影響は避けられないが、他の二方式よりも回復に要する時間の増大が比較的少なく抑えられており、伝搬遅延以外のオーバーヘッドが少ないことが判る。

### 4 むすび

本稿では主にリアルタイム通信プロトコル  $R^3TP$  の実装とその検証実験について報告した。疑似 ABT の使用により実現した  $R^3TP$  の実装、ひいては再送による誤り制御と ADU ベースのブロック転送技術の使用はリアルタイム通信の実現に有効であることを確認出来た。今後は TV 電話などのアプリケーションを  $R^3TP$  上に実装し、 $R^3TP$  がアプリケーションレベルに提供するリアルタイム性能の検証等を行なっていく予定である。

### 参考文献

- [1] 山口雅信, 伊東克能, 高崎喜孝: リアルタイムデータ転送プロトコル  $R^3TP$  とその誤り検出方式, 情報処理学会論文誌 第 43 巻第 2 号, 情報処理学会, pp. 381-389 (2002).
- [2] Cranor, C. D.: INTERGRATING ATM NETWORKING INTO BSD (1998). <http://www.crc.wustl.edu/pub/chuck/tech/bsd-atm/bsd atm.html>.