

リアルタイムに発生するデータを対象とした 4 F - 1 パケット再送機能を提供するゲートウェイの実装と評価

長谷川 輝之 長谷川 亨 加藤 聰彦
(株) KDD 研究所

1. はじめに

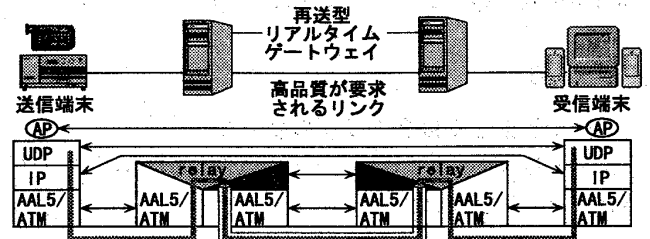
リアルタイムに発生する情報(リアルタイム情報)をネットワークを介して転送し、受信側でリアルタイムに再生するシステムでは、一般的に、発生したデータを非確認型のプロトコルを用いて転送する。この場合、伝送誤りなどによるパケット紛失は回復されない。これに対して筆者らは、再送時間の確保のため一定の遅延が挿入されることを条件に、その範囲内で誤り回復を行う再送型プロトコル(再送型リアルタイムプロトコル)を設計した^[1]。本プロトコルは、端末に導入する形態だけでなく、別に中継ソフトウェアを用意することで、ネットワーク内のゲートウェイ装置として導入することもできる。これにより、既存のアプリケーションへの適用が可能となる。本稿では、本プロトコルならびにこれを用いたゲートウェイ装置(再送型リアルタイムゲートウェイ:RGW)について述べるとともに、通信実験による性能評価を通じてその有効性を示す。

2. 全体構成

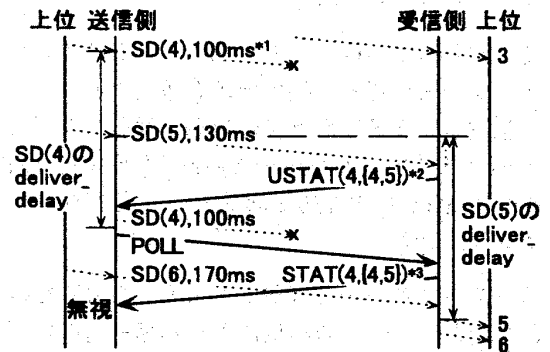
RGWを、ATMネットワークに導入した場合の全体構成を図1に示す。RGWは、再送による品質向上が必要なリンクを挟んで設置する。端末(もしくはルータ)が相手端末へ送信したパケットは、全てRGWによって取り込まれる。RGW間では、後述の再送型リアルタイムプロトコルを用いてパケットを転送し、可能な限りパケット紛失から回復させる。

3. 再送型リアルタイムプロトコル

リアルタイム情報の転送では、受信側の再生時刻(デッドライン時刻)までにパケットが到着する必要がある。従って、冗長なパケット再送を避けるとともに、デッドライン時刻までに到着可能なパケットのみを再送する必要がある。また、再送やフロー制御によって、連続的に発生する(再送でない)新たなパケットの送信を妨げてはならない。これらの要求を実現するため、再送型リアルタイムプロトコルを、選択再送機能を有する確認型データ転送プロトコルSSCOP(Service Specific Connection Oriented Protocol)^[2]をベースに規定した。ただし、SSCOPの提供するフロー制御機能は使用せず、



再送型リアルタイムプロトコル
図1: ネットワーク構成



*1SD(N(S)).time_stamp *2USTAT(N(R),(List)) *3STAT(N(R),(Lists))
N(S): SDの順序番号 N(R): 送達確認したSDの順序番号+1
List(s): 紛失SDグループ(と受信SDグループ)-(4,5)の場合はSD(4)が紛失
図2: 通信シーケンス例

再送機能にデッドライン時刻を考慮した機能追加を行うこととした。以下、その機能について説明する。

3.1 SSCOPの確認型データ転送機能

SSCOPは、以下のように確認型のデータ転送を行う。
(1) SSCOPは、上位から渡されたデータに順序番号を付加しSD PDU(Protocol Data Unit)として送出する。そして、送信側から送出されるPOLL PDUに対して受信側が返すSTAT PDU、もしくは誤った順序でSDを受信した場合に受信側が送出するUSTAT PDUにより、SDの送達確認と再送要求を行う。
(2) USTATには、連続して紛失したSDのグループ(紛失SDグループ)を書き込む。一方STATには、紛失SDグループと、それに続く受信したSDのグループ(受信SDグループ)を順に書き込む。送信側は、紛失したSDのみを選択的に再送する。

3.2 デッドライン時刻を考慮した再送機能

デッドライン時刻を考慮したSDの再送機能を以下のようにして実現する。ここでは、送信側と受信側の時刻はNTP等により同期しているものとする。
(1) 送信側はリアルタイム情報を運ぶSDに、送信時刻として、msec単位で32ビットのタイムスタンプ

"Implementation and Evaluation of Gateway with Packet Retransmission Function for Data Produced in Real Time Manner"
Teruyuki HASEGAWA, Toru HASEGAWA, Toshihiko KATO
KDD R&D Laboratories, Inc.

表 1: パケット紛失率

データサイズ [byte]	1024		4096		8192	
情報発生レート [Mbps]	1.5	6	1.5	6	1.5	6
RGW 無	1.1×10^{-2}	1.0×10^{-2}	4.0×10^{-2}	3.9×10^{-2}	7.5×10^{-2}	7.6×10^{-2}
RGW 有	0	0	0	2.7×10^{-5}	3.2×10^{-4}	2.1×10^{-4}

(time_stamp)を持たせる。受信側では、タイムスタンプにあるかじめ定めたしきい値 (deliver_delay) を加えた時刻を、デッドライン時刻とする。

(2) 自身より順序番号の小さいSDが未受信の場合、受信SDはSSCOPの受信バッファに蓄えられる。先頭の紛失SDグループに続く受信済SDのデッドライン時刻が過ぎると、該当するSDとこれに連続する受信済SDは上位に通知され、先頭の紛失SDグループのSDは全て受信済とみなされる。以降、受信側はこれらのSDの再送を要求せず、遅れて届いた場合は無視する。

(3) 送信側では、新たなSDを送信する際に、送達確認を待つSDを保持するためのSSCOPの送信バッファが一杯であると、順序番号が最小であるSDを削除する。また、最初に送信した時刻(SDのタイムスタンプ)からdeliver_delayが経過するとSDの再送は不要と判断し、該当するSDを送信バッファから削除する。これらのSDは送達確認済とみなされ、以降はUSTATやSTATによる再送要求は無視される。

図2に、デッドライン時刻を考慮した再送手順を含む通信例を示す。図2では、SD(4)が到着する前に、SD(5)のデッドライン時刻に達している。この時点で受信側はSD(4)を受信済とみなし、SD(5)とSD(6)を上位へ通知する。一方送信側では、SD(4)のデッドライン時刻経過時点でSD(4)を送達確認済とみなし、STATによる再送要求は無視する。

4. 実装

RGWを構成する、中継ソフトウェアならびに再送型リアルタイムプロトコルソフトウェアを市販のATMボード(FORE SBA200E)を有するSUNワークステーション上に実装した。これらのソフトウェアはリアルタイム情報を扱うため、パケット受信時に、即座に中継処理やプロトコル処理を開始する必要がある。このため、これらを、ユーザレベルではなく、UNIXカーネル内でATMボードのデバイスドライバにインタフェースして動作する、STREAMS^[3]多重化ドライバあるいはSTREAMSモジュール(以下、単にモジュールと呼ぶ)として実装した。

各モジュールでは、他方のモジュールからのSSCOPプリミティブ受信、ならびに、デバイスドライバからのPDU受信による処理要求に対して、処理を即座に開始するために、主な処理を、他モジュールからの呼出時に即時に実行されるSTREAMSのブットプロシージャを用いて実行する。一方、再送型リアルタイムプロトコルモ

ジュールにおけるSDの再送処理については、新たに送信するSDの送信を妨げないために、サービスプロシージャを併用し、一度に再送可能なSDの数を制限して、定期的にSTREAMSのスケジューラを介在させることとした。

5. 性能評価

5.1 実験構成

実装したRGWについて通信実験による性能評価を行った。具体的には、図1の構成において、端末ならびにRGWとして4台のSUN Sparc Station20 (SuperSPARC II 75MHz (送信端末のみ HyperSPARC 150MHz)、64MB、Solaris 2.5.1)を使用し、これらをOC-3 (155Mbps)回線で接続した。RGW間は、10Mbpsのセル速度を持つATMコネクションを設定し、データチャネルシミュレータ(ADTECH SX/14)を導入してBER= 10^{-6} のランダム誤りを挿入した。なお、RGWが挿入する遅延であるdeliver_delayは50msecとした。

5.2 実験結果

送信端末から、1.5Mbpsもしくは6Mbpsのレートで疑似的に発生させたパケットをUDP/IPにより約9分間転送した場合の、受信端末のパケット紛失率を表1に示す。RGWにより、パケット紛失率を最悪でも1/200以下に改善することが可能であった。

また、既存のアプリケーションであるvic (video conference tool)^[4]を用いて、約30分間、送信端末で、ビデオソースからの入力を最大符号化レート3MbpsでH.261符号化しつつ送信を行い、受信端末でこれを表示した。その結果、RGWにより、 9.6×10^{-3} であったパケット紛失率を 7.3×10^{-5} まで低減することができ、より高品質な再生が可能であることを確認した。

6. おわりに

本稿では、リアルタイムに発生する情報を高信頼に転送するためのゲートウェイについて述べ、実装ならびに性能評価を通じてその有効性を明らかにした。最後に日頃御指導頂く(株)KDD研究所 村谷所長、鈴木副所長に感謝する。

参考文献

- [1] 長谷川他, "リアルタイムに発生するデータを対象とする再送型プロトコルの検討," 情報マルチメディア通信と分散処理研究会, 85-9, Nov. 1997.
- [2] ITU-T, "Service Specific Connection Oriented Protocol," Recommendation Q.2110, July 1994.
- [3] SunSoft, "STREAMS Programming Guide," Nov. 1995.
- [4] McCanne, S., et al., "vic: A Flexible Framework for Packet Video," ACM Multimedia '95, Nov. 1995.