

TCP/IP over ATM over ADSL通信におけるATMトラフィック制御方式

NTT情報流通プラットフォーム研究所
NTTサービスインテグレーション基盤研究所川原亮一 KAWAHARA Ryoichi
斎藤洋 SAITO Hiroshi

1. はじめに

近年、ADSL(asymmetric digital subscriber line)を用いたインターネットへの高速アクセスが注目を集めている。しかしながら、漏話雑音等の周囲状況の影響によりADSLで利用可能な帯域は時々刻々と変動するため[1]、その変動がTCPレイヤでの性能に影響を与える可能性がある[2]。そこで本稿では、様々なATMトラフィック制御を用いたときのTCP over ATM over ADSLのトラフィック特性について評価する。

2. ネットワークモデル

本稿で扱うモデルを図1に示す。ATU-C(ADSL transmission unit at the network end)はADSLとATM網の境界に位置し、ATU-R(ADSL transmission unit at the customer end)はADSLとADSLユーザ端末間に位置し、各々がADSLの帯域変動に対するシェーピング機能を有するとする。

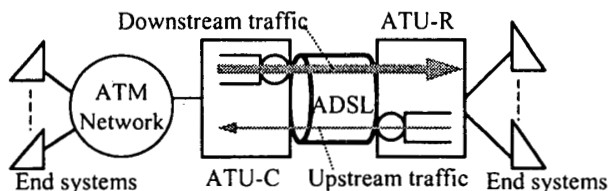


図1 ネットワークモデル

3. ATMトラフィック制御方式

ABR(available bit rate)サービスでは、送信端末が31個のデータセル送出毎にRM(resource management)セルを送出し、受信端末でそれを折り返して制御ループを確立し、網が巡回するRMセルに網の輻輳状況を書き込んで端末からの送信レートを制御する。本稿ではこのフィードバック制御機能を用いて、ADSLの帯域変動への対応を考える。ATU-R(ATU-C)が上り(下り)方向のADSL帯域変動に応じて巡回するRMセルにマーキングすることにより、上り(下り)方向へデータを送信する端末の送信レートを調節する。

[binary制御] ATU-R(ATU-C)におけるバッファ内セル数がしきい値を超えたらRMセル内のCI(congestion indication)ビットに1をセットする。送信端末はCI=1(or0)の指示に従い、送信レートを減少(or増加)する。

[ER制御] ATU-R(ATU-C)はRMセル内ER(explicit rate)フィールドに送信可能レートとして以下を書き込む。

$$ER = \{\text{ADSL帯域}\} / \{\text{ATMコネクション数}\}$$

送信端末は、送信レート=ERと設定する。

4. シミュレーション

3章での2つのABR制御がADSLの変動に対し有効に動作してTCPスループットを維持できるかを評価する。比較として、ATMで何ら制御を行わない場合(以下、No-controlと呼ぶ)も併せて評価する。

[モデル] 図1において、ADSLにATMコネクションを介してTCPコネクションが2本張られている。下りADSL帯域は変動周期Td毎に8Mbpsと1.5Mbpsの間で一様分布に従って変動し、上りADSL帯域は周期Tu毎に1.024Mbpsと128kbpsの間で変動する。Tu, Tdを0.01sから10sまで振らせて様々な周期変動がABR制御に与える影響を評価する。広域网を模擬するため、下りトラフィック送信端末 - ATU-C間距離を10,000kmとし、一方ATU-R - 上りトラフィック送信端末間距離=10mとする。ATU-R, ATU-Cバッファサイズ=1024cells, binaryでの輻輳検出しきい値=256cellsとする。No-controlは下り(上り)方向に8Mbps(1.024Mbps)でセルを送出する。

[条件] 上り方向へのみファイル転送する場合(条件1)、下り方向のみファイル転送する場合(条件2)、上り方向へファイル転送するコネクションと下り方向へファイル転送するコネクションが混在する場合(条件3)、の3条件を模擬する。各送信端末は無限に大きなファイルの転送を行う。

[結果および考察]

条件1のときのTCPスループットを図2に示す。ABRはADSLの帯域変動に応じて端末の送信レートを制御して、ATU-Rでのバッファ溢れを防いで高スループットが維持できた。しかし、ERは短周期変動時にはスループットが低下してしまう。Tu=0.01sの時のATU-Rへの入力レートをみると(図3)、ERはADSL帯域を使い切れていない。これは、ERは帯域の変動に過敏に反応して送信レートを一旦小さく設定してしまうと、RMセルの送出頻度も小さくなってしまい、ADSLの帯域が大きくなっている状態をなかなか検出できないからである。これに対しbinaryは、バッファ内セル数が輻輳検出しきい値を超えるまでADSLの帯域の小さい状態が継続しない限り、その変動に反応しないため、短周期変動に対しロバストに高スループットを維持できる。No-controlは、短周期変動はバッファで吸収し、長周期変動はTCPフロー制御によりある程度スループットを維持できるが、その中間のTu=1sで品質が劣化してしまう。

条件2のときのTCPスループットを図4に示す。このとき、ERは高スループットを達成できているがbinaryはNo-controlよりスループットが低下してしまう(図4)。

ERは目標レートへと迅速に制御できるのに対し、binaryは単純なON-OFF制御のため、ATU-Cと送信端末間の制御遅延が大きい場合に帯域の変動に追従できないからである。

条件3において $T_u=1s$, $T_d=3s$ としたときの上下り方向のTCPスループットは図5のようになった。この条件は、条件1,2と異なり、上り(下り)方向のトラフィックが下り(上り)方向のTCPスループットに影響を与える。No-controlが下り方向においてスループットが低下してしまうのは、ATU-Cでのデータ損失およびATU-Rでの下りデータ転送に対する確認応答(Ack)損失のためである。(TCPではAckがある時間内に返ってこないで網内でデータ損失が生じたと判断して再送を行う。) それに対し、ERはデータおよびAck損失を防ぐことにより下り方向にて高スループットを維持できている。一方binaryにおいても、データおよびAck損失を防いでいるにもかかわらず下りのスループットが低い。これは、binaryのRTT(round trip time)がERのそれに比べて非常に大きくなっているからである。(TCPではAckがなかなか返ってこないで次のデータ転送を行えなくなってしまう、その結果帯域を使い切れない。) binaryのRTTが大きくなる理由は、binaryはバッファ内セル数がしきい値の周りで上げ下げして制御するため、ATU-Rでのキューイング遅延が生じるためである。それに対し、ERはキューイング遅延を生じずにすばやくAckを下りデータ送信端末に返すことができ、下り方向で高スループットを維持できる。

上り方向ではERが最もスループットが低い。それは、上り方向へAckとRMセルしか送信しない接続に対して、上り方向にデータ転送を行っているそれと同じ帯域を割り当ててしまうからである。その結果、上り方向の帯域を使い切れない。それに対して、binaryはバッファ内セル数がしきい値を超えるまで送信レートを大きくするので、上り方向の帯域を有効に利用して、高スループットを維持できる。

以上より、短周期変動に対してはbinaryが、制御遅延が大きいときの帯域変動にはERが有効であることが分かった。また、上りおよび下り方向のファイル転送が混在する場合は、下り方向に関してはATU-Rでキューイング遅延を生じないERが、上り方向に関しては帯域を有効利用できるbinaryが有効であることが分かった。

5. おわりに

ADSL帯域の変動に対応可能なATMトラフィック制御方式について検討した。今後は、いずれの条件下においても有効な制御アルゴリズムについて検討する。

謝辞 シミュレータ作成に辺りご協力頂いたNTT情報流通プラットフォーム研究所の石塚美加研究主任に深謝します。

参考文献 [1] 村瀬他, "xDSLの現状と技術課題," 信学技報IN98-165. [2] N.Giroux et.al, Handling Physical Rate Changes in ADSL and Other Technologies, the ATM Forum contribution 98-0825.

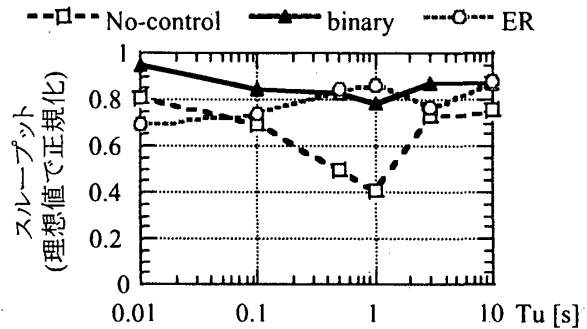


図2 上り方向TCPスループット

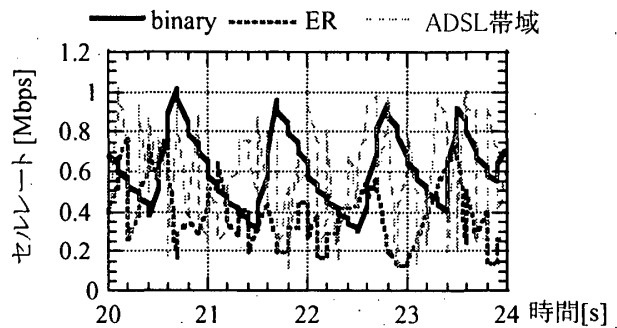


図3 入力レートの振る舞い

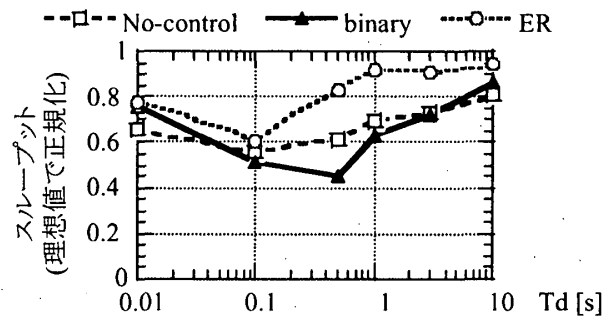


図4 下り方向TCPスループット

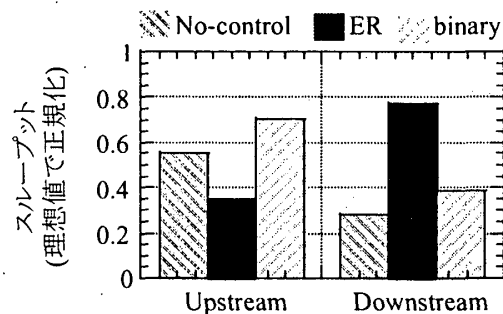


図5 条件3でのTCPスループット