

ATMにおける帯域ネゴシエーション

清島直樹

(株)超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所

通信帯域にスケーラビリティを許容するアプリケーションにとっては、通信中の帯域変更は重要な機能である。本稿では、使用できる帯域を網からエンドシステムに通知する方法を提案し、これによりコネクション設定時、あるいは通信中に帯域を成功裏に指定できることを説明する。また、使用中帯域の次回予約方法や複数方路にシグナリングコネクションを設定して空き帯域の通知状態を構成し通信パスを選択する方法について述べる。

1 はじめに

次世代マルチメディア通信方式として注目されている ATM (Asynchronous transfer mode) の標準化が ITU-T, ATM フォーラムといった標準化機関で活発に進められている [1]。ATM では、N-ISDN (狭帯域 ISDN) 加入者線信号方式 DSS1 (Digital subscriber signalling No.1) レイヤ 2 の信号フォーマットをベースとして拡張された固定長のセルと呼ばれるパケットが用いられる。ATM 交換ノードでは、ユーザ情報を転送する U プレーンをハードウェア (ないしはファームウェア) で制御することで処理の高速化、上位ソフトウェアの制御の容易化を図り、アウトオブバンドのシグナリングを用いて接続制御を前出の上位ソフトウェアで行う点で従来の回線交換システムに似ている。一方で占有するセル

の時間的な密度で情報転送速度を可変にできるため、パケット交換システムの特徴も兼ね備えている。速度固定のタイムスロットを制御する回線交換システムに比べて統計多重効果による回線の有効利用が期待できる反面、その優位性を生かすためには複雑な制御が要求される。現在、アプリケーションの特性により固定速度の CBR (Constant bit rate)、動画像など可変速度の VBR (Variable bit rate)、Best-effort 型の ABR (Available bit rate) / UBR (Unspecified bit rate)、パストデータを効率よく転送することを意図された ABT (ATM block transfer) などのサービスクラスが開発・検討されている。

2 基本方針

通信帯域にスケーラビリティを許容するアプリケーションにとっては、通信中の帯域変更は重要な機能である。そこで、ITU-T や ATM フォーラムでは通信帯域が固定の CBR の他に VBR や ABR といった通信方式を開発

Bandwidths negotiations in ATM networks,
Naoki Kiyoshima, Ultra-high Speed Network
and Computer Technology Laboratories

している[2]. 特にUプレーン上でRMセルと呼ばれる制御用のセルを用いたABRの帯域のフェアシェアに関する研究は広く行われている[3][4]. しかし, 使用される通信パラメータの設定はエンドシステムからの申告と網の承認という一方向的なものである. 本稿では, シグナリングを用いてユーザに保証される帯域, すなわち CBR の PCR (Peak cell rate) や ABR の MCR (Minimum cell rate) などについて双方向的なネゴシエーションを提案する. 使用できる帯域を網からエンドシステムに通知する方法を提案し, これによりコネクション設定時, あるいは通信中に帯域を成功裏に指定できることを説明する.

また, 使用中帯域の次回予約方法や複数方向にシグナリングコネクションを設定して空き帯域の通知状態をつくりアプリケーションの要求に最も近い帯域をもつ通信パスを選択する方法についても述べる.

3 空き帯域の通知方法

ATM網におけるエンド・エンドの通信帯域は, 中継リンクで確保できた帯域で最も小さい部分で制限される. 従って, すべての中継ノードから使用できる帯域を通知させて最も小さいものを選択すればよい. そこで, エンドシステムに対してエンド・エンドで使用できる帯域を通知するためには, コネクション設定時からコネクション終了まで中継ノード間のリンクの帯域の空き状況を監視し, その状態を保持して空き帯域の変動がある度に, あるいは, 空き帯域の変動が一定以上になったとき, 変動を通知するしくみを構成すればよい. そのしくみを図1に示す.

更にエンドシステムが網からエンド・エン

エンドシステム 中継ノードA 中継ノードB 中継ノードC

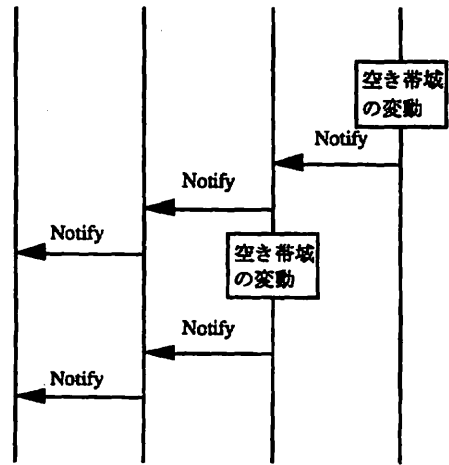
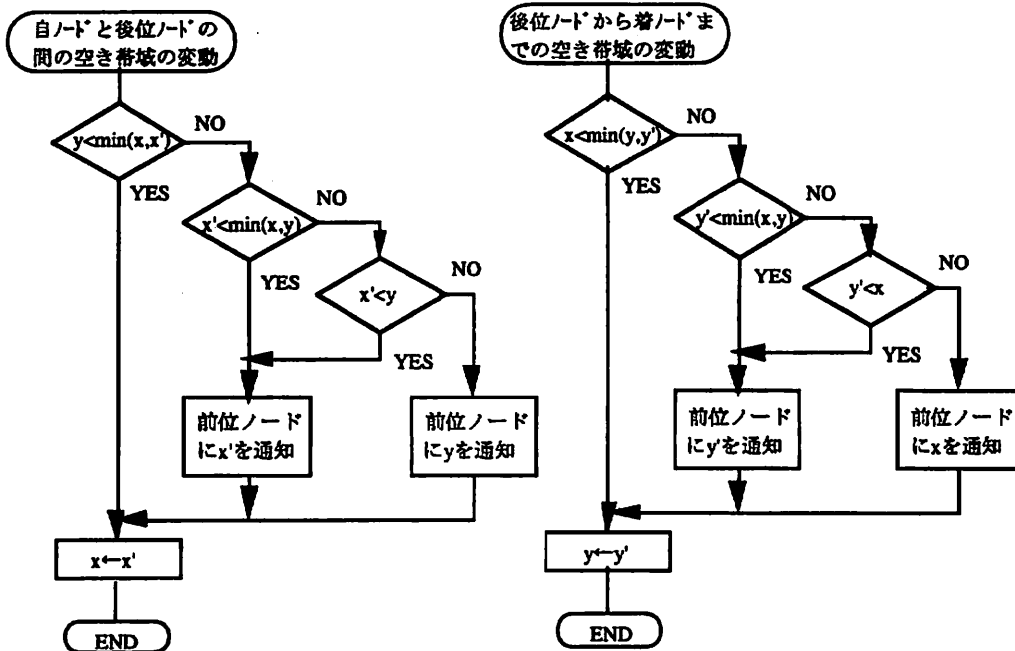


図1: 空き帯域の通知方法

ドで使用できる帯域のみを通知されるようにするために, 各中継ノードは自ノードから着ノードまでの空き帯域を前位ノード(発ノードの場合エンドシステム)に通知するようにする. 自ノードから着ノードまでの空き帯域とは, 後位ノードから通知された帯域と自ノードから後位ノードまでのリンクの空き帯域のうち小さい方の値である. そこでこの2つの値を保持するようにする.

他のコネクションの生成, 解放で自ノードから後位ノードまでの空き帯域に変動があったノードでは, 変動前に前位ノードに後位ノードから着ノードまでの空き帯域として通知したものと変動後の保持している2つの帯域のうち小さい方の値が,

- ・一致しているときは何もしない.
 - ・異なるときは変動後の保持している2つの帯域のうち小さい方の値を後位ノード以降着ノードまでの空き帯域として, 前位ノードに通知する. (図2で左のフロー)
- 後位ノードから空き帯域の変動を通知されたノードでは, 同様に, 変動前に前位ノードに



x : 自ノードと後位ノードの間の空き帯域
 x' : 変動後の自ノードと後位ノードの間の空き帯域
 y : 後位ノードから着ノードまでの空き帯域
 y' : 変動後の後位ノードから着ノードまでの空き帯域

図 2 : 空き帯域変動時の動作

後位ノードから着ノードまでの空き帯域として通知したものと変動後の保持している2つの帯域のうち小さい方の値が、

- ・一致しているときは何もしない。
- ・異なるときは変動後の保持している2つの帯域のうち小さい方の値を後位ノード以降着ノードまでの空き帯域として、前位ノードに通知する。(図2で右のフロー)

こうしたプロセスにより図1においてノードAには常にノードA-B間とノードC以降の空き帯域が保持されることになる。従ってこのうち小さい方の値をエンドシステムに通知するようにすれば、エンドシステムは網から使用できる帯域を通知されることになる。これによりエンドシステムは、使用する帯域を成功裏に指定して通信を開始できる。

また、通信中の帯域変更も成功裏に実施できる。なお、通信中帯域変更の機能は、ITU-Tの信号能力セットステップ2(SCS2.1)に規定されている[1]。

4 空き帯域通知方法の応用

空き帯域の通知状態を構成したときの応用について検討する。

4.1 帯域予約

前節のような空き帯域の通知状態を構成して帯域を指定して通信を開始したり、通信中に帯域を変更すれば、おおむね成功する。しかし、コネクション設定中あるいは帯域変更中のわずかなタイミングに他のコネクションによって、使用する予定の帯域が使われ

エンドシステム 中継ノードA 中継ノードB 中継ノードC

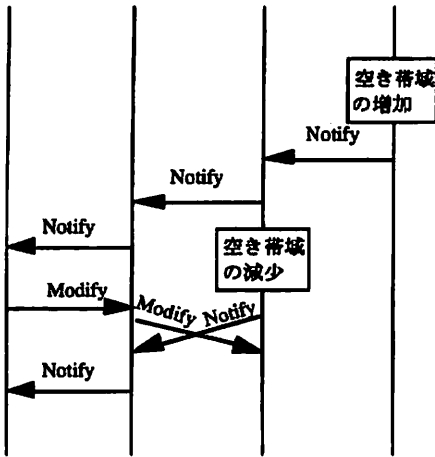


図3：信号のクロス

てしまう可能性がある。(図3)これを回避するために、各リンクの空き帯域を予約する方法が考えられる。

エンドシステムが網に対して通信する最大の帯域を指定するとする。また、各リンクにおいて空き帯域が十分にあるところと足りないところがあるとする。最大帯域の指定に対して、十分な空き帯域があるにもかかわらず他のリンクの影響で当面使用できる帯域がこの指定帯域より小さいときこの差分を予約する(図4でノードA-B間のリンク)。つまり、他のCBRコネクションやABRのミナムセルレート等としては使用しないようにする。逆に他のコネクションで使用しているために最大帯域の指定より空き帯域が小さいリンクでは差分を次回使用するために予約する(図4でノードB-C間のリンク)。他のコネクションの解放により空き帯域が生じたとき、次回予約の帯域があれば必要帯域だけ予約帯域に移行して、前位ノードに通知する。エンドシステムが通信帯域を変更する要求を出してから各リンクが通信帯域を

中継ノードA 中継ノードB 中継ノードC

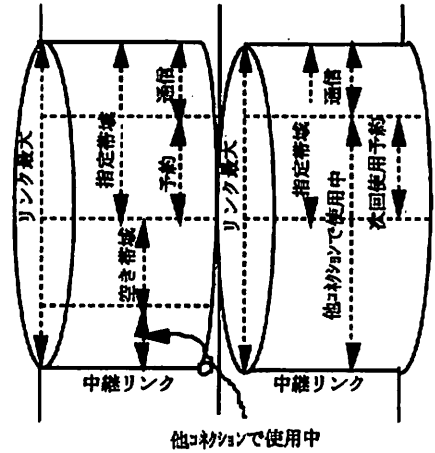


図4：中継リンクの帯域の使用状況

拡大しているタイミングでは使用予定の帯域は予約されているので他のコネクションによって奪われることはない。

また、使用中帯域の次回予約の要求を複数受け付けるために、要求をキューに登録するようにすればよい(図5)。以下に帯域予約に関する各ノードでの手順を簡単に説明する。

・帯域予約時の動作

空き帯域が十分にあるときはユーザ指定の通信最大帯域を自ノードと後位ノードとの間の使用できる帯域として保持する(図6)。不十分のときは不足分を次回使用帯域としてエントリを生成してキューに登録する(図5)。以下同様の要求時にエントリをキューに登録する。

・空き帯域拡大時の動作

使用中帯域の次回使用の予約があるとき(キューに登録があるとき)空き帯域をキューの登録順に各コネクションに割り当てる。

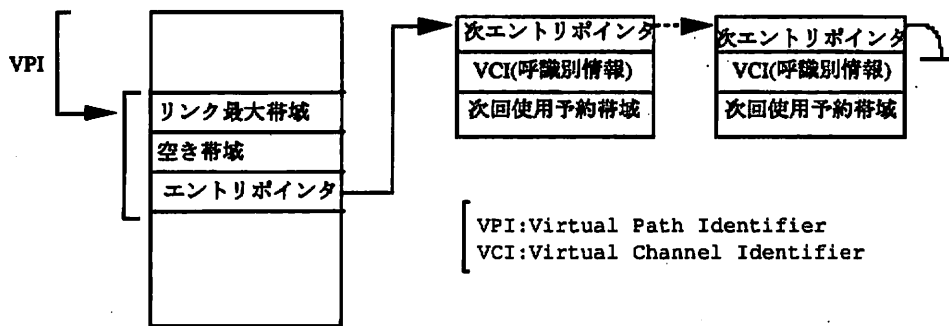


図5：使用中帯域予約テーブル

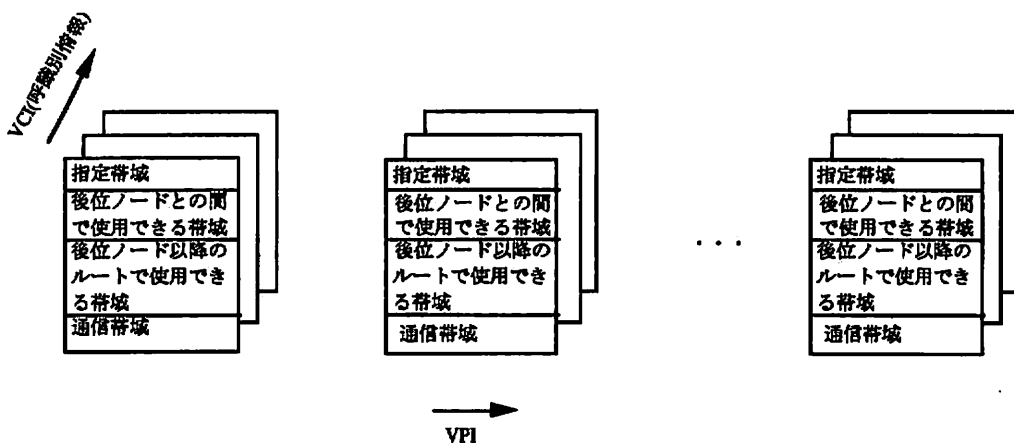


図6：帯域状態管理テーブル

あるいは分配する(図5)。

割り当てられた空き帯域をコネクション毎に自ノードと後位ノードとの間の使用できる帯域(通信帯域+予約帯域)に加算し(図6)、前節の条件に従って必要ならば前位ノードに通知する。このとき、次回使用予約帯域がなくなったエントリはキューから削除する(図5)。

・通信帯域拡大時の動作

エンドシステムから帯域変更を通知されたとき差分を通信帯域に加算し(図6)、スイッチ(Uプレーン)に帯域拡大を指示する。

・コネクション解放時の動作

自ノードと後位ノードとの間の使用できる帯域を空き帯域に加算し(図5)、エントリを削除し(図5, 図6)、スイッチにコネクション解放を指示する。

4.2 複数方路での構成

ネットワークのトポロジーによりエンド・エンドコネクションが複数のルートで設定できる可能性がある。このとき、帯域の使用状況は一般的に各ルートで異なる。また、帯域使用状況の変動も各ルートで異なる。そこでシグナリングコネクションを複数方路に構成し、空き帯域の通知状態を構成するよ

うにすればより大きな帯域を使用できる可能性を高くすることができる。空き帯域を通知されているノードは、ユーザの要求を満足する空き帯域のある方路に接続を設定する。また、各ルートで帯域の使用状況が変わり空き帯域の大きなルートが別のルートになったときに通信ルートをその大きなルートに切り替えることができる(図7, 図8)。更に空き帯域の通知状態を上り下り独立に構成すれば、上り下りそれぞれで都合のよい方路(たとえば最も空き帯域の大きな方路)を選択できる(図9)。

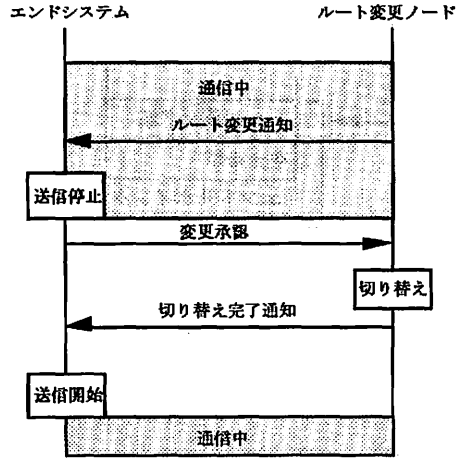


図7: ルート変更手順例

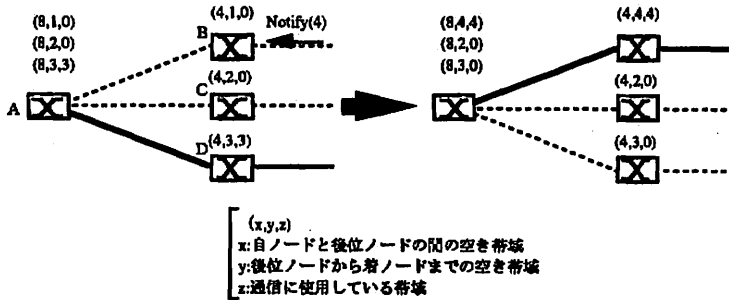


図8: 複数方路の空き帯域の通知状態

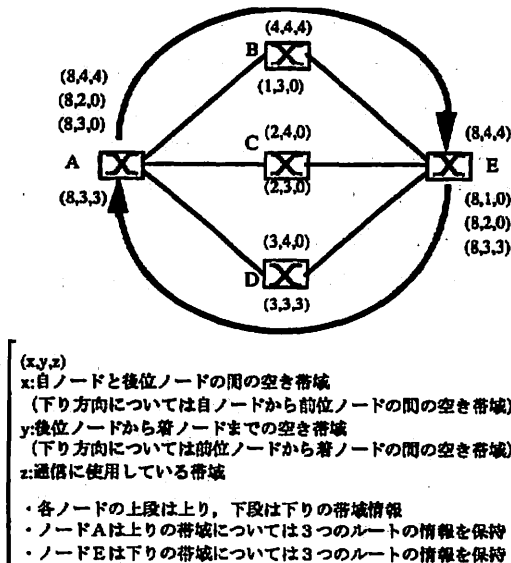


図9: 上り/下り独立のルート選択をした例

5 考察

3. 1項での帯域予約において空き帯域の予約は、無効保留となるように思われる。対策として予約した帯域にABRコネクションのMCRからPCRまでの帯域やUBRコネクションの保証されない(網のトラヒックの状況で破棄されうる)帯域として開放するなどの案が考えられる。また、特に公衆網の場合は、付加的な課金を行うことが公平を保つ手段となると思われる。帯域の予約が帯域の枯渇を引き起こすことは容易に予想されるが、通信帯域を網側が規制するとき、空き帯域に比べて規制値が小さいならば、空き帯域の代わりに規制値を通知するようにすればよい。

使用できる帯域が通知されることにより、エンドシステム側はメディアスケージングに関わる戦略の複雑さを軽減できる。たとえば、TCPなどのウィンドウ制御の通信プロトコルでは、ウィンドウサイズなどのプロトコルのパラメータ値決定に反映できると考えられる[5]。また、動画像通信に関して符号化でスケラビリティを許容する場合にもその符号化パラメータの変更・転送情報の取捨といった戦略の決定要素になると考えられる[6]。

6 まとめ

ATM網における空き帯域の通知方法を提案し、その応用方法を紹介して考察した。

エンドシステムと網の双方向的な帯域のネゴシエーションは、TCPのようなプロトコルの他、動画像の通信においてもスケラビリティを許容する通信において重要である。今後はエンドシステム側からどのようなアプローチがあるかという観点で検討を進めていく

予定である。

謝辞

方式を検討する上で有用な助言を頂いた(株)超高速ネットワーク・コンピュータ技術研究所(UNCL)の関係各位に感謝致します。

参考文献

- [1] 大羽, 相原, 栗林: “B-ISDNの標準化動向”, 電子情報通信学会, 信学技法IN-95-74
- [2] Shrish S.Sathaye, “ATM Forum Traffic Management Specification Version 4.0”, ATM Forum/aftm0056.000, April, 1996
- [3] Arthur Lin, Chien Fang, “A Simulation of ABR Robustness under Binary Switch Modes”, ATM Forum 95-1019
- [4] 大崎, 村田, 宮原: “ATM網におけるバイナリ型スイッチを用いたレート制御方式の適用性の検討”, 電子情報通信学会, 信学技法SSE-96-17
- [5] C.Partridge: “Gigabit Networking”, Addison Wesley, pp.241-244, 1994
- [6] 山内, 河内谷, 串田: “インターネット上の動画像転送を意識した動的QoSの制御”, 情報処理学会研究報告 DPS 75-4, 1996