

ATM ネットワーク技術の展望

村上 孝三

大阪大学 大型計算機センター

要約：マルチメディアネットワークを構築する基本技術である ATM 通信技術について現状と今後の課題を展望する。バックボーン網、アクセス網への導入およびインターネットや次世代移動通信などの各種サービスに対応する ATM 技術の動向を紹介する。最後にマルチメディアネットワークの新しいパラダイムと移行シナリオの一案を示す。

A Perspective for Asynchronous Transfer Mode Network Technologies

Koso Murakami

Osaka University, Computation Center

Abstract : Asynchronous Transfer Mode(ATM) is world standardized network technology to support wide range of multimedia communications. This article outlines how ATM is deployed to both backbone and access networks, what technologies developed for mobile communications as well as the Internet services, and a transition scenario to new network paradigm, the Holonic Network.

1. はじめに

インターネット、移動通信の急速な普及に伴い、高速で高信頼なマルチメディアネットワークの構築が期待されている。また、情報通信ネットワークが社会のあらゆる分野の構造と価値観を大きく変革する要因であることが共通認識となり、次世代社会基盤としてのネットワークのあり方とそれに基づく技術開発の方向を見極めることが重要な時期にある。

Asynchronous Transfer Mode(ATM)は、マルチメディア情報を一元的に処理する統合ネットワーク (B-ISDN) 技術として国際標準化され、その誕生からちょうど10年になる。この間、市場環境の激変により技術仕様検討に予想外の時間を要したが、多くの評価実験を経て機能面では実用レベルに到達している。しかしながら、システムの経済化、ネットワーク構成・運用技術ならびに各種アプリケーション対応の、いわゆるネットワークミドルウェア機能の検討をさらに加速する必要がある。

このような観点に立って、ここでは ATM ネットワーク技術の現状と課題について概観する。まず、バックボーン網とアクセス網への適用状況について紹介する。次にインターネットおよび次世代移動通信への適用というアプリケーション対応の ATM 技術の検討状況を示す。最後に高度情報化社会にふさわしいネットワークインフラの新しいパラダイムとその移行シナリオについて一案を示す。

2. ネットワークの発展経緯と ATM 技術の特徴

通信ネットワークのデジタル化は 60 年代後半から将来のマルチメディア時代におけ

るサービス総合化の一環として推進された。まず、基幹伝送システムと市外中継交換システムからなる市外中継網がデジタル化され、ついで加入者線交換システムという順序でネットワークのデジタル化が展開され、我が国では 97 年に完了した。

一方、マルチメディア情報通信サービスに備えたサービス総合化の研究は 70 年代後半から開始された。経済性とユーザ利便性を重視して、既存のペア銅線を生かして加入者線伝送をデジタル化することと宅内網の高度化が、まず推進された。これが、ISDN (サービス総合デジタル網、N-ISDN) で、80 年代後半に実用化された。インターネットの高速アクセス網として最近、急速に普及している。N-ISDN では、ネットワークはサービス毎 (電話、データパケット交換、データ回線交換等) に個別で、加入者線交換機がその振り分けを行っている。

次の段階として多様なマルチメディア情報通信サービスのみならず放送サービスまで包含するあらゆるサービスに対してネットワークを統合することが B-ISDN (ブロードバンド ISDN) として提唱された。B-ISDN を実現するためのマルチメディア情報転送技術として電気通信国際標準化機構 (ITU-T) において ATM が考案された。ATM は音声、データ、画像を含むあらゆる情報を 48 バイトに分割し、5 バイトのヘッダ情報を付加して 53 バイトの固定長セルの形式でネットワーク内を伝達させる。53 バイトの長さは、音声、データ、画像などの属性の異なる情報に対して、一元的に処理し特別なフロー制御や誤り制御をしなくても所要の転送遅延特性や情報転送効率などの通信品質を確保できることを考慮して決められた。セルが固定長であること、および自律ルーティング方式の適用によりハードウェアによるスイッチングの高速化が達成できる。また、仮想的なチャネル識別機能により情報転送効率の良いコネクション型通信を実現でき、さらに仮想的なバス識別機能によりネットワークの動的再構成が可能である。保守運用管理セルを使って、高度で多様なネットワーク管理が可能となる。ATM はコネクション型接続が基本であるが、サーバへの PVC (半固定) 接続によりコネクションレス型通信にも対応できる。

以上のような ATM のマルチメディア情報転送機能を最大限活かすために、B-ISDN 信号網がその役割を担っている。ユーザの通信要求の受信処理やネットワークリソースを効率よく制御する機能で、No. 7 共通線信号方式や ISDN 信号方式をベースにマルチメディア通信対応に拡張高度化されている。インテリジェントネットワーク (AIN) の導入によりユーザによる網制御も可能となる。

3. バックボーン網への ATM の導入

90 年代半ばよりバックボーン網への ATM の導入は始まった。特に最近では、波長多重技術など光通信分野の技術革新とインターネットの高速通信要求という環境が追い風となり、ATM の需要を高めている。

米国では 21 世紀に向けた国家情報通信基盤としてバックボーン網の整備に力を入れている。有名なギガビットテストベッド計画を推進し高性能コンピュータ技術や ATM を中心とする高速通信技術に関して多くの成果を上げた。代表的な例が、ノースカロライナ州 ATM ネットワーク (NCIH) である。NCIH は、公衆網として世界初の商用 ATM ネットワークであり、約 30 台の ATM 交換機が州全域をカバーしている。遠隔教育、遠隔医療を初期のアプリケーションとしてスタートした。高品質映像、高品質音声および TCP/IP デ

ータなどのマルチメディア情報を 27Mb/s～45Mb/s の容量でアクセスしている。

NSFNET として発展したインターネットのバックボーンも回線容量が 155～622Mb/s の ATM ネットワークへ発展している。また、前記ギガビットテストベッドと NSFNET を融合した全米規模のバックボーン網が、Internet-2 プロジェクトとして進んでいる。ここでは、ユーザに対するミドルウェア制御が大きな課題となり、アプリケーションを重視した研究開発を推進している。

一方、世界規模のバックボーン網として、Intenet-2 (米国)、TEN-34 (全欧 ATM ネットワーク)、APAN (アジア太平洋 ATM ネットワーク) 等を相互接続する GARN(Global Advanced Research Network)の計画が進行中である。

4. アクセス網の高速化と ATM の適用

インターネットの普及と WWW サービスのマルチメディア化の進展により広帯域サービスの需要が一気に拡大する可能性が出ており、アクセス網の高速化が重要な課題である。

主として経済性の問題から ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)技術、ケーブルモデム技術、HFC(Hybrid Fiber Coaxial)技術などの既存ケーブルを利用して数 Mb/s から 10Mb/s 程度の高速回線を実現する動きもあるが、既存の銅線を光ファイバケーブルに置き換える光アクセス網 (FTTH:Fiber to the Home) をいかに低コストで導入するかが各国での重要課題である。国情の違いは大きいコスト低減のため世界統一仕様とする方向で FSAN(Full Services Access networks)標準化会議が結成され精力的な検討が進んでいる。

ここでも ATM の適用による ATM-PDS(Passive Double Star)方式が有力である。パッシブ・ダブルスター アーキテクチャのシェアードアクセス方式で ATM セルの情報転送を行う。高度な加入者線双方向信号処理機能と連携し、ネットワークサイドでのオンデマンド処理を高速化し、下り回線の情報量を必要最小限に絞り込むことによりアクセス網のコスト低減が実現可能である。

5. ATM ネットワークによるインターネット

インターネットの急拡大に伴い、ATM ネットワークにおいてインターネットサービスを実現することが求められる。現在のインターネットはホストコンピュータをルータに收容して構成するサブネットワークと、ルータ間の相互接続によりサブネットワーク間接続を行うバックボーン網とからなり、スケラビリティに富んだグローバルなコンピュータネットワークを構成している。また、通信手順は TCP/IP プロトコルである。すべての情報は可変長の IP パケットでソフトウェア処理によって、ホップ・バイ・ホップでルーティングされる。これらの特徴が、マルチメディア情報通信トラヒックの増加に対して高速性や遅延時間特性の致命的なボトルネック要因となっている。

ルータベースのネットワークを ATM ベースのネットワークに置換えることによりボトルネックが解決できる。ATM の高速ハードウェアルーティングを適用することでルータの場合の累積遅延を大幅に低減できる。一方、TCP プロトコルでは、エラー再送制御によってデータ転送の高信頼化と引換えに転送効率が著しく劣化するため、パケットロスはいかに抑えるかが性能維持のポイントとなる。

ATM でも、バーストトラヒック等のトラヒック集中に対してセルロスが頻発する可能

性があるが、ABR(Available Bit Rate)レート制御方式を適用することによりトラヒック集中によるセルロスを大きく改善することができ、インターネットのバースト的データ通信に高信頼に対処できるようになった。ABRでは、送信端末が受信端末に向けて周期的にリソース管理(RM)セルという特殊セルを網に送出する。網は各ノードで混雑状況を判断し、受信可能データ量をRMセルに書込んで送信端末に折り返す。送信端末は書込まれたデータ量にしたがって送信量を制御する。

ATM ネットワークを用いて IP パケットを転送する具体的な方法はいくつかあるが、ATM フォーラム標準の MPOA(Multiprotocol over ATM)では、ルートサーバ間で NHRP(Next Hop Resolution Protocol)プロトコルによりエンド・ツー・エンドのコネクションを設定した後、IP パケットをショートカット VC(Virtual Channel)で ATM 接続するものである。既存ルータのルーティング機能とデータ転送機能を分離した方式である。

この他に、アドレス変換サーバで IP アドレスを ATM アドレスに変換した後、B-ISDN の UNI/NNI シグナリングで ATM の基本機能である SVC(Switched VC)接続で転送する方式や、SVC の代わりに、CLS(Connection-less Server)への PVC(Permanent VC)接続によるコネクションレス スイッチング方式が有望である。

6. 音声 ATM と次世代移動通信への適用

次世代移動通信のネットワークとしても ATM が有望である。移動通信の分野でもマルチメディア化と無線データ伝送の高速化が進み、インターネット同様高速なマルチメディアネットワークが課題である。移動通信では、低速度で符号化された音声の ATM セル化遅延が問題となる。既存の STM による 64Kb/s ISDN 電話サービスに比べて、ATM 音声の優位性を可能にするには経済性の実現とエンド・ツー・エンドの伝送遅延による品質劣化を抑制することが課題である。

移動通信の発展にあわせて音声の高効率符号化技術が進歩し、低速化(5~20Kb/s)が進んでいる。しかし、例えば 8Kb/s 音声の場合、ATM セル組立てに 48msec を要し円滑なコミュニケーションができないばかりか、エコーキャンセラなどの機能追加が必要となる。これに対して、個々の音声信号をショートセル(可変長)化し、標準セルを複数の音声信号で共用する新しいセル化技術が ATM アダプテーションレイヤ・タイプ 2(AAL-2)として国際標準化された。これにより、低速音声のセル化遅延の低減が可能となった。この方式は、高速データや画像にも適用できるため、IMT-2000 などの次世代移動通信のマルチメディア多重伝送の経済化に効果が大きい。しかし、ATM スイッチングノードの各段で、ショートセルへの分解と標準セルへの変換が必要であり、またショートセルが可変長であるため処理が複雑となる。広域にまたがるマルチメディア統合ネットワークにおいては、スイッチング方式に新たな工夫が必要である。

標準セルに多重化されたままでショートセルのスイッチングを実現する方式案を一例として示す。広域ネットワークにおいて、各ノードで効率の良いスイッチングを実現するためには、ショートセルの方路毎への組替え機能を経済的に実現する必要がある。各音声信号を固定長のショートセル(フェローセル)に組立てる。スイッチの同一出力方路へ向かう複数のフェローセルを標準セルの 48 バイトの情報フィールドに多重化する(VCI 共有セルと呼ぶ)。フェローセルはまた、固定長のヘッダとペイロードからなる。端末におい

て音声通信が発呼した場合に生起するセル（ソリタリーセル）に付与される VCI 番号については、VCI 共有セルで共有される上位部分 (SCI) とソリタリーセル固有の下位部分 (LCI) に区分することにより、フェローセルのヘッダ部は、VCI の下位部分相当 (LCI) に削減することができる。

VCI 共有セルの考えを適用することによりマルチメディア ATM ネットワークにおいてエンド・ツー・エンドの音声スイッチングが実現できる。各ネットワークノードの入力ハイウェイ対応にリルートノードを配置する。リルートノードは、標準 ATM スイッチの前段のヘッダ変換機能に機能追加できるためハード増は多くない。テーブルアドレス生成部、新ヘッダテーブル、標準セルバッファ、セル組替え制御部、フェローセルバッファを主要構成要素とする。音声固有ではなく、高速データや画像を含む標準 ATM セル転送系に適用できる。ネットワーク内で VCI 共有セルを動的に組替えることにより、低速音声のセル化遅延の削減と伝送効率、スイッチング効率の向上が達成できる。リルート機能は、輻輳や障害発生時におけるネットワークの動的再構成にも適用でき、高信頼で柔軟な網運用が可能となる。

7. マルチメディアネットワークの将来構想

通信、放送、情報検索、グループウェア、仮想社会、電子商取引等さまざまな機能をネットワーク上で実現するための評価実験や技術開発がこれまで多数進められてきたが、社会インフラとしてのマルチメディアネットワークのイメージはまだ不明確である。光通信や VLSI の高速化、大容量化という技術動向を取り入れながらどのようなネットワークを構築すべきかについて、ネットワークの役割、機能構造、新しいシステムパラダイム等の面から設計コンセプトの明確化が必要である。以下に、ホロニックネットワークとして筆者らが提唱しているコンセプトの要点を示す。

(1) ヒューマンコミュニケーション中心のネットワーク

ネットワークの役割には、人と人のコミュニケーションを円滑に実現する機能と多様な情報の受発信・流通に大別できるが、あくまで前者が主要な機能で、後者はそのための補助的機能（手段）にとらえることが望ましい。WWW サービス等へのアクセスは、情報を得ることが最終目的ではなく、人とのコミュニケーションを行うための事前準備としての情報収集または情報発信と位置づけることができる。

(2) コミュニケーションネットワークと情報ネットワークの2層構造

ネットワークは情報の内容に関与できないため情報の流通や情報価値の創生に対して主要な役割は果たし得ない。したがって、情報の送受信のためのユーザによるネットワークアクセスは、WWW サービスに見られるようにユーザ自身の試行錯誤または多数回のアクセスの繰返しとならざるを得ない。これに対して、人と人のコミュニケーションは、真剣で臨場感のある高度なヒューマン・ネットワークインタフェースが必要で、ネットワークの機能がそのコミュニケーションの効果に与えるインパクトは大きい。また、CTI (Computer Telephony Integration) サービスのように音声と映像による対面通信にコンピュータ処理データを連携させることが効果を一層向上させる。

(3) あらゆるメディア、通信形態に対する透過性

多様なメディアや通信形態を用いた高度なアプリケーションが多くなり、これらを一元

的に処理できる統合ネットワークが必須となる。また、ネットワークリソース間の自律分散協調やダイナミックなネットワーク再構成機能などが基本機能となる。当面は、ATM 技術をベースがこれらの機能を実現し、将来はフォトニックスイッチングによる全光通信網へ発展させる。

(4) ネットワークの可視化

サービスの種類が単一で定型的な従来ネットワークと異なり、多様なサービスが混在し輻輳も多発するような環境下ではユーザ要求のネットワーク内での処理の進展具合の表示あるいはメニューのオルタナティブの提示によるユーザへの選択性の提供など、いわゆるネットワークの可視化機能が望ましい。ネットワークマップという新しいシステムを構築することにより、エンド・ツー・エンドのルート生成の高速化、適応化や自律ルーティングなど多様な機能をユーザに提供可能となる。

(5) マイグレーション

電話網とインターネットに関してはバックボーン網のATM化により大容量化、マルチメディア化を加速させる一方、電話網はアクセス網のATM化とインテリジェントネットワークの導入を促進し、高速・高信頼なコミュニケーションネットワーク層として発展させることが重要である。インターネットはインテリジェントネットワークと融合し、情報ネットワーク層としてコミュニケーションのためのユーザナビゲーション機能とユーザ制御機能の充実へと展開させる。

8. あとがき

ATM ネットワークに関して、これまでの発展経緯と現状および今後の技術課題について概観した。また、ATM 技術をベースにマルチメディアネットワークを社会インフラとして発展させるための新しいパラダイムとしてホロニックネットワークのコンセプトを示した。

参考文献

- 1.K. Murano, et.al. "Technologies Towards Broadband ISDN," IEEE Comm. Mag., Vol.28, No.4, pp.66-70, April 1990.
- 2.M. Okuda, et.al. "ATM-based Wide Area Network Providing High-speed Internet Services," Proceedings of International Conference of ATM Development 1997.
- 3.正城他, 音声通信を考慮したマルチメディア ATM 通信方式と VLSI 化, 信学技報 SSE97-10 (1997-4).
- 4.K. Kinoshita et.al. "Holonetic Network: A New Network Architecture for Personalized Multimedia Communications Based on Autonomous Routing," IEICE Trans. Commun., Vol.E80B, No.2, pp.282-288, February 1997.