

## 解説

## 計算機システムを支える最新技術（インタフェース編）



## 4. 計算機ネットワークと ATM の技術動向†

野 島 聡†

## 1. はじめに

計算機ネットワークといった場合、さまざまなイメージが読者には想起されるであろう。それは計算機ネットワークというシステムが計算機技術、あるいはネットワーク技術の進展によって、急速に様変わりしているためであり、またインターネットも LAN もどちらも計算機ネットワークに違いない、というようにいろいろなシステムがあるためであろう。

このような広範囲の中、ここでは LAN (Local Area Network) とその周辺技術に限定して解説を試みる。LAN の発展経緯を概観し、コンピュータの要求と LAN が提供してきた解決策を示し、また最近の高速化、マルチメディア化などの動向について解説する。

## 2. LAN の発展経緯

## 2.1 Ethernet

いわゆる計算機ネットワークとしての LAN は 1980 年代初頭に登場した Ethernet にその端を発しており、現在でも利用されているシステムの大半を占めている。その技術は現在に至るまでさまざまな変化を経ているが、基本方式においては変化していない。LAN を述べるにあたって、まずはその基本として Ethernet の方式を示す (図-1 参照)。

**トポロジー**：1 本の伝送路に多数の端末を接続するバス型伝送路を利用し、10 Mbps 速度の同軸ケーブルをその基本形態とし、延長距離は信号伝搬時間の制限で 1500 m に限定される。

**MAC (Media Access Control)**：LAN 技術において伝送路へのフレーム送受信制御方式を MAC 方式と呼ぶが、Ethernet の場合 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) 方式を用いる。つまり端末は伝送路の空塞状態をみて、空いていれば送信し、その後同時に送信が発生したことによる衝突を監視し、衝突した場合には送信を停止し、一定のアルゴリズムに従って再度送信をトライする、という方式である。

**通信方式**：最大 1500 バイトの情報ブロックであるフレームを送受信する形で実現され、1 端末の送信した情報フレームは全端末のネットワークポートに同報され、端末はフレームに書かれている宛先アドレスによって受信要否を判断する。これらの方式により、Ethernet システムは以下のような特徴をもつことになる。

1. 伝送路には同時に 1 フレームのみしか流れない、このため転送されるトラフィックの総計は伝送路速度が上限となる。
2. すべてのフレームは接続されている全端末で受信される。つまり基本的特性としてブロードキャストが実現される。
3. 衝突を許すコンテンション型であるため、フレーム送信タイミング、間隔は一定せず定常的な通信には不向きである。

これら特徴によって得られるネットワークアクセスの簡便さが大きなメリットとなり、現在のよ

## 2.2 LAN の諸技術

前記の Ethernet を基本として、その発展として各種の LAN 技術を捉えることができる。図-2 はいくつかの観点で代表的な LAN 技術を位置づけている。Ethernet のケーブルの扱いやすさを追及し、電話線相当のツイストペア線を使用する

† Trend in Networking Technology with ATM by Satoshi NOJIMA (Integrated Networks Laboratory Fujitsu Laboratories Ltd.).

†† (株)富士通研究所ネットワーク技術研究部

10 BASE -2, 10 BASE - T, 伝送路速度を 100 Mbps に向上させた 100 Mbps-Ethernet などが Ethernet そのものの延長にある。一方トポロジーをリング形状にし, MAC 方式をトークンパッシング方式 (3.1 節で解説) とすることで高速性を追及した FDDI (Fiber Distributed Data Interface), また, すべての面でまったく違う技術を導入して, マルチメディア性などへの対応を指向する ATM-LAN (4 章で解説) などである。

これらそれぞれの技術はある面では Ethernet を超えるが, 通信速度, 通信特性, 扱いの簡便さ, 経済性, などの全体のバランスで Ethernet を超えるものはまだ確立されていないといつてよい。たとえば FDDI は Ethernet の直後から利用されているが, 端末直収用途では一部メインフレームなどの限定した領域に使われるのみで, も

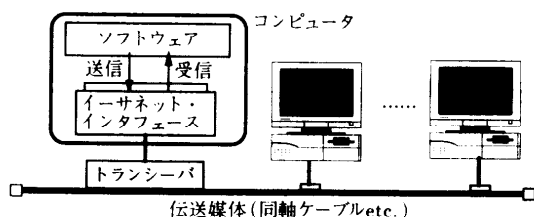


図-1 Ethernet

つばら複数の Ethernet を束ねる基幹 LAN として使用されている。その結果, インストールシステム数では Ethernet にはるかに及ばない。

これらは Ethernet がシステムとしてのバランスに加えて, さまざまな面で計算機とマッチしていたためである。しかしここ数年で状況が変化し始めており, それは大きくは以下の 2 つの要求である。

2.2.1 コミュニケーション速度向上の要求

計算機の処理速度向上によって相対的に通信に要する時間が顕在化し, それを解決するためネットワーク性能の向上が期待されている。一説には 1 MIPS あたり 1 Mbps といういい方もされているほどである。また Ethernet をはじめとする LAN, ネットワークの普及により, それらを前提とするアプリケーションが各種普及し, それがネットワークの利用を加速的に増加させたことも高速化要求の原因である。

2.2.2 マルチメディアコミュニケーション

WWW (World Wide Web), DTC (Desk Top Conference) などに代表されるように, アプリケーションとしてのマルチメディアが取り沙汰されるようになってきている。このような通信は転送の連続性, 一定性を要求する。これら特性は Eth-

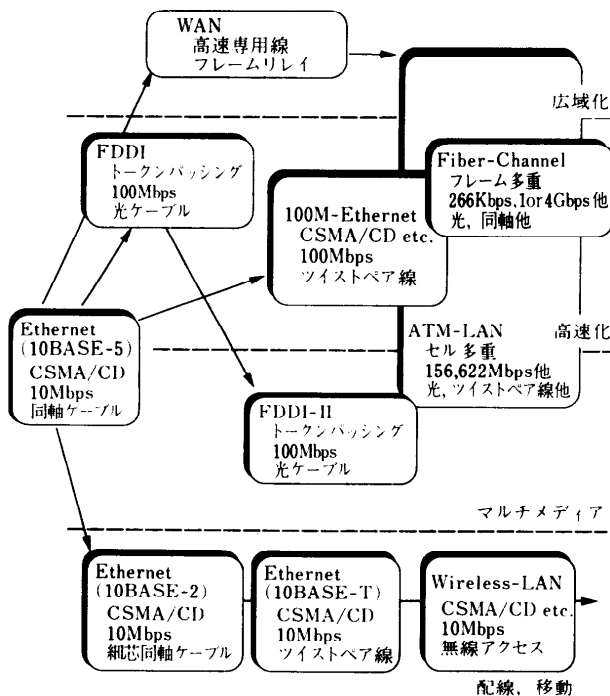


図-2 各種 LAN 技術の流れ

ernet などでは考えられていない要件であり、方式的な限界として現われる。以下の章ではこれらの動向について、それぞれの開発動向を解説する。

### 3. 最近の技術開発動向

#### 3.1 高速化

Ethernet では1本のケーブルを多数の端末でシェアし、衝突/再度送信、というアルゴリズムに従うため、すべての端末が平均的にトラフィックを発生した場合、伝送路速度の約30%で飽和する特性が明らかになっている。それを複数の端末で分配する以上、1端末が利用できる通信容量は端末数によって左右され、また限定される。このような通信速度の向上のためには、大きく2つの手法が考えられる。

1. 伝送路速度を向上させる。
2. シェアする端末数を減少させる、つまりネットワークを分割する。

1. のアプローチの代表例が前述の FDDI である。これは 100 Mbps のリング型伝送路を利用し、トークンパッシングという MAC 方式をとる (図-3 参照)。トークンと呼ぶ短いフレームを常時リング上に周回させ、送信を要求する端末はこのトークンを捕捉しその直後に自フレームを送出する。トークンが伝送路の空き区間を示し、アクセス調停を実現する。

このような伝送路速度の向上による手法は簡易に速度向上がはかれる反面、相対的に実転送時間以外の時間 (ex. FDDI の場合、トークンの周回を待つ時間) を顕在化させてしまい、ある領域を超えると伝送路速度の向上がスループット向上に寄与しなくなる。よってそれ以上の速度向上には根本的な手法、つまりは 2. のアプローチが必要になる。

2. のアプローチの代表例はスイッチング Ethernet, あるいは ATM-LAN である (図-4 参照)。トポロジーとしてスター型の伝送路構成をとり、その接合点に交換システム (HUB) を配置する構成をとる。各端末は自分の接続されている伝送路の物理速度を占有して通信することが可能であり、伝送路速度そのままのスループットを享受できる。

最近の高速化の動向は概して 2. に属するのは

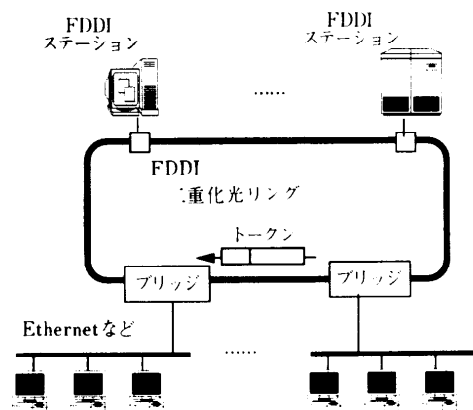


図-3 FDDI LAN

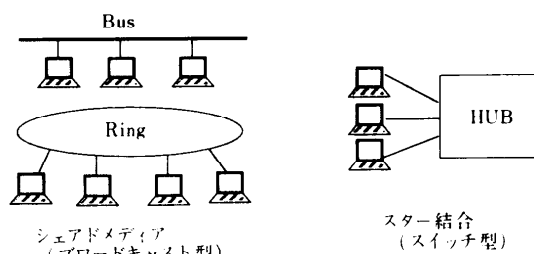


図-4 トポロジーの変化

以上のような理由である。また、同じ理由で今後の LAN 高速化の主流はスイッチ型を基本とすることが予想される。

#### 3.2 マルチメディア

昨今マルチメディアネットワークの議論、開発が盛んであるが、ネットワークへの要件として捉えた場合、QoS (Quality Of Services: 遅延時間, 遅延時間バラツキ, 通信帯域など) 保証に集約される。従来、LAN に期待された転送は時間的な継続性、QoS を問題にするものではなく、単純に言えば A 点の計算機のメモリ内容を、B 点の計算機のメモリに転送することが目的である。これに対しマルチメディア通信では音声、画像などのリアルタイム通信が含まれるため、通信帯域の連続性、一定性が要求される。このため従来の LAN のままでは、その収容が困難である。その解決には以下のような方式が考えられる。

1. QoS 保証が可能なネットワーク技術を利用する。
2. 従来技術の上に QoS 保証を実現する新たなプロトコル、制御方式をオーバレイして実現

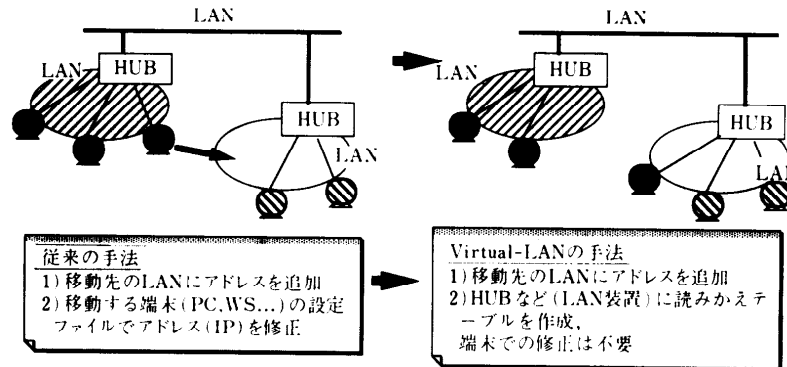


図-5 Virtual LAN

する。

1.の手法の例が 100 Mbps-Ethernet の一方式である 100 VG-anyLAN である。この方式では伝送路速度を 100 Mbps に向上させると同時に MAC 方式に帯域予約の概念をもち込み、QoS に対応しようとしている。一方 2.の手法は、もう一層プロトコルを設けて解決を狙うため、既設の LAN にも適用の可能性がある。現在いくつかのアプローチが検討されており今後を期待したい。

現状はこれら技術が一通り登場した時点で概に一概に方向を云々できる状況ではない。ATM-LAN は広域ネットワークとのシームレス性に一步の長があるが、従来 LAN のもっている瞬間的な高速伝送には不向きであるというように、それぞれの適性が強く残っている。結果的には計算機側のアプリケーションの要求する QoS, あるいは OS で実現されようとしている QoS 管理手法、との関連で決まってくると考えられるが、基本的に背反事象である性能要件も多く、適材適所での連携が妥当な解ともいえる。

### 3.3 物理層の仮想化 (Virtual-LAN)

本章の最後に、ここまで述べた 2 つの開発方向に交錯する形で、LAN の方式を左右すると考えられる Virtual-LAN (図-5 参照) を紹介する。LAN 技術は常にその存在をコンピュータなどエンドに意識させない方向に技術開発が進展する。Virtual-LAN は既存 LAN のトポロジー面での限界に対し、それを超えてのコミュニケーションを可能とする目的をもっている。その実現は高速化/マルチメディア化などから導かれる方式開発と関連して考慮されていく必要がある。

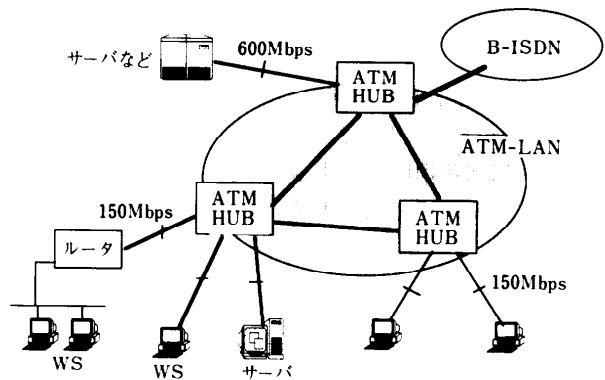


図-6 ATM-LAN

Ethernet などはそれ自体でブロードキャストセグメントを構成し、その LAN に接続する端末の発したフレームは、接続されたすべての端末に同報される。これは、端末群が業務ごとなどの要件で複数グループに分割することが可能な場合、各端末それぞれに余計なフレームの受信を強いる。これに対しスイッチング型などスター形状 LAN であれば、1 つの LAN を複数の同報グループに分割することが可能である。端末の発したフレームを HUB において解釈し、同報グループを定義したテーブルに従って送出先を限定する手法である。以上が最も基本的な LAN の仮想化 (Virtual 化) である。これを基本として、より発展して IP ネットワークにおけるサブネットを物理セグメントから解放する、という方向で開発が進むと考えられている。これによれば、IP プロトコルが目指している“物理層からの独立性”が一步進展することになり、端末のポータビリティ、あるいは API の普遍性などのメリットが期待できる。

#### 4. ATM 技術

ここまで、いくつかの説明で ATM をあげてきた。それは高速化、マルチメディアという双方の要求に合致する基本方式をもっているためである。しかし ATM-LAN (図-6 参照) は基本技術が Ethernet などとはまったく違うこともあり、LAN の中での利用にはまだまだ議論の余地が多い。そのため本章でその概要と動向を紹介しておきたい。

##### 4.1 ATM 技術の経緯

ATM は前記したように公衆網 (交換網) のマルチメディア化を目的として、回線交換の技術にパケット交換の概念であるラベル多重の方式をもち込んだ技術である。その技術は 1980 年あたりにその原点を発しており、その後、CCITT (現 ITU-T) での議論を経て、現在までにその骨組みが標準化されてきた。その経緯の中、とくに米国のベンダが集まり ITU-T の議論をベースに、よりインプリメントに近い仕様をタイムリーに作成するため、1991 年に ATM フォーラムが設立された。この団体は 2 カ月に 1 回程度の頻度で会議を開催し、精力的に仕様制定を行っている。ATM-LAN はそのフォーラムの当面のターゲットとして注目されてきた。

##### 4.2 ATM-LAN

ATM-LAN の狙っている要件は既存 LAN の限界を見据え、その将来を狙ったものに合致している。つまりトポロジーとしてスター形状をとり、通信方式はスイッチング型である。よって 100 Mbps-Ethernet が狙っている領域とよく一致する。このためこれら技術は登場時点でよく比較されてきた。しかしそれぞれの技術の基本が違うため、同じ高速化といってもその意味するところが違う場合があり、議論が擦れ違う局面もよく耳にする。これら両者技術の本質的な違いは、通信方式がコネクションをベースとする ATM と、コネクションレスを基本とする違いに帰着すると考えられる。

##### 4.3 コネクション型/コネクションレス型通信方式

ここで、コネクション (CO), コネクションレス (CL) の特性の違いを示しておく。コネクション型は従来電話交換などの交換網で多用されて

いる方式であり、通信に先立ち送信端と受信端の間に Call, あるいはコネクションと呼ぶパスを設定する。このパスは中継交換機能、中継伝送路などでの通信帯域などの資源の確保を意味している。このためパスが確保されれば一定の品質での通信が約束される一方、パスにトラフィックが流れていなくても無駄に確保されている場合が発生する。一方コネクションレス通信方式は、インターネットのプロトコルである IP (Internet Protocol) がとっている方式であり、宛先/発信元の両アドレスを情報として持つフレームのやりとりで実現される。このためフレームごとに転送経路は異なってもよく、トラフィックの混雑状況により転送時間は変動し、場合によってはフレーム廃棄が発生し上位プロトコルによる再送を期待することもある。

従来、インターネット、LAN の世界では、自律分散的なルーティングによる高い到達性、瞬間的なブロック転送に適する性質などからコネクションレス型が基本であった。しかしマルチメディア通信などで重要な要件となる QoS 保証型通信にはコネクション型が簡易である。このような二律背反な状況が現在の状況とみるのが理解しやすい。このコネクション型通信方式の代表が ATM であり、その面に期待が大きい。

##### 4.4 ATM による高速、マルチメディア

このような ATM 技術への期待が現われているのがインターネットの物理層としての ATM であり、現在大きく分類して 2 種類の検討が進められている (図-7 参照)。

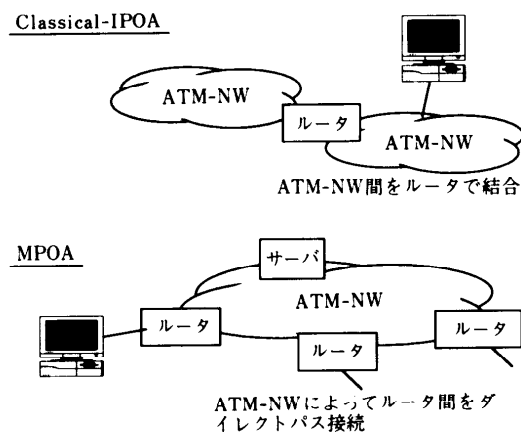


図-7 ATMとインターネットの連携

#### 4.4.1 IPOA (IP Over ATM)

インターネット技術の事実上の標準化を行う ISOC (Internet Society) の下部機構である IETF (Internet Engineering Task Force) で検討されている方式はこの方向である<sup>2)</sup>。既存のルーティングパラダイムにおいて、Ethernetなどの1セグメントに相当する部分をATMに置きかえる形である。インターネットの方式は手つかずで残され、従来からの連続性が高く導入も容易であるが、ATMのメリットである高速性、マルチメディア性が1セグメントに閉じてしまう可能性がある。その部分の解決手法もいくつか議論があがっており、今後議論が進むと考えられる。

#### 4.4.2 MPOA (Multi-Protocol Over ATM)

一方ATMフォーラムで検討が進められている方式としてMPOA<sup>3)</sup>がある。ATMによって実現される大規模ネットワークを中心に据え、周囲に既存LANなどを配置する形態を基本とする。このため、あたかもATM大規模網が1つのLANセグメントとして扱われるような形になり、ATM区間は高速な通信が保証される。しかしながら、大きなATMネットワークを既存のルーティングパラダイムに取り込むことは複雑性を増し、またATM網が基盤として確立していることが前提となり、既存からのスムーズな移行という面で難しい問題となってくる。

これらの方式は、それぞれ展開時期（たとえばATMの導入程度など）などで適性が出てくるであろうし、またコンピュータのQoSへの取組みにも左右される。ただしここ数年で大卒での議論には方向性が得られると考えられている。

## 5. ま と め

以上、いろいろな技術をそれぞれ概説したため若干散漫になったかと思うが、LAN技術を概観した。このような技術はインターネットの進展とも絡んで、今後さまざまな発展が期待されるし、また行われるであろう。しかし、その根底にあるのはコンピュータ間のネットワークとしてより使いやすいコミュニケーション手段の提供である。コンピュータ技術が進展すれば、ネットワークも当然様変わりしていくということである。この点は従来の通信技術が人間と人間のコミュニケーションという、人間の能力に限定された環境を目標としていたこととは好対照を示す。コンピュータ技術（アプリケーション技術）とネットワーク技術は相互に影響を与えつつ進展していくものであり、どちらか一方のみでの発展が難しくなっているといいかえてもよい。その意味で今後の動向には予断を許さない、興味深いものがある。

## 参 考 文 献

- 1) ATM-forum, UNI Specification V3.1, ATM-forum (Jan. 1994).
- 2) IETF, RFC1577-Classical IP and ARP over ATM, IETF, Network Working Group (Jan. 1994).
- 3) ATM-forum, Baseline Text for MPOA, ATM-forum, Multiprotocol Sub-Working Group, ATMF/95-0824r7 (July 1996).

(平成8年7月11日受付)



野島 聡

1954年生。1978年早稲田大学理工学研究科修士課程修了。同年(株)富士通研究所に入社。現在、同研究所ネットワーク技術研究部主任研究員。この間、パケット交換技術、LAN技術、ATM技術などの研究開発に従事。電子情報通信学会会員。