

高速ネットワーク技術とネットワーク構築

山口 英 (奈良先端科学技術大学院大学)

1999年12月14日

Internet Week 99 パシフィコ横浜

(社)日本ネットワークインフォメーションセンター編

この著作物は、Internet Week 99における山口 英氏の講演をもとに当センターが編集を行った文書です。この文書の著作権は、山口 英氏および当センターに帰属しており、当センターの同意なく、この著作物を私的利用の範囲を超えて複製・使用することを禁止します。

©1999 Suguru Yamaguchi, Japan Network Information Center

目次

1	概要	1
2	高速ネットワークとは	1
3	高速ネットワーク技術	7
4	ネットワーク層技術の進展	16
5	まとめ	17
6	付録	19

1 概要

この講演では、ネットワーク技術のうち、特にデータリンク層での広帯域化や高速化のための技術を紹介します。また、それぞれの技術がどのようにネットワークの設計や運用に影響するかについても考えていきます。

ただし、この講演では具体的な製品の取り扱いについては説明しません。必要に応じて各ベンダーのセミナーなどの情報を利用してください。

2 高速ネットワークとは

ここでは、「高速ネットワーク」と「広帯域ネットワーク」という語の定義を見直し、さまざまな視点から高速ネットワークを分類した後、高速ネットワークを構築する目的や周辺状況の変化を示します。

2.1 定義の見直し

最初に、「高速ネットワーク」と「広帯域ネットワーク」という語の意味を考えてみます。図1に示すように、ネットワークは、ある大きさのパイプと考えることができます。このとき、パイプの径がネットワークの帯域となり、パイプの長さがネットワークの伝送距離となります。

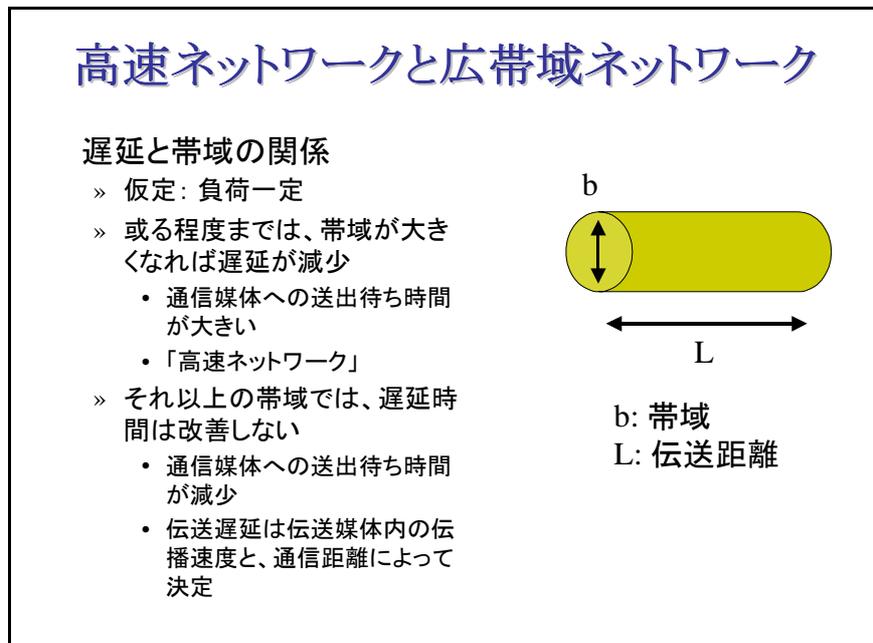


図1: ネットワークの帯域と伝送距離の関係

過去には、ネットワーク内の他のトラフィックによる負荷が一定という条件の下で帯域幅を広くすると、ネットワーク両端での遅延時間が減少したことから、このようなネットワークを「高速ネットワーク」と呼んでいました。現在では、単純にネットワークの帯域幅を広げても遅延時間は変化せず、他の特性が改善されるようになりました。このため、これまで高速ネットワークと呼んでいたものは、その本来の意味である「広帯域ネットワーク」と呼ぶことが適切となっています。

現在では、帯域幅の広いネットワークを利用することで、ユーザ数などの負荷が増加しても遅延時間の増加を発生しづらくし、遅延時間の変動も小さく抑えることができます。これによって、ネットワークによるサービスの安定性が増し、マルチメディアなどで重要となる「遅延時間の振れ」が小さくなります。

たとえば、図2のグラフからも広帯域化が高速化ではなく、性能の安定性を増すものとなっていることがわかります。

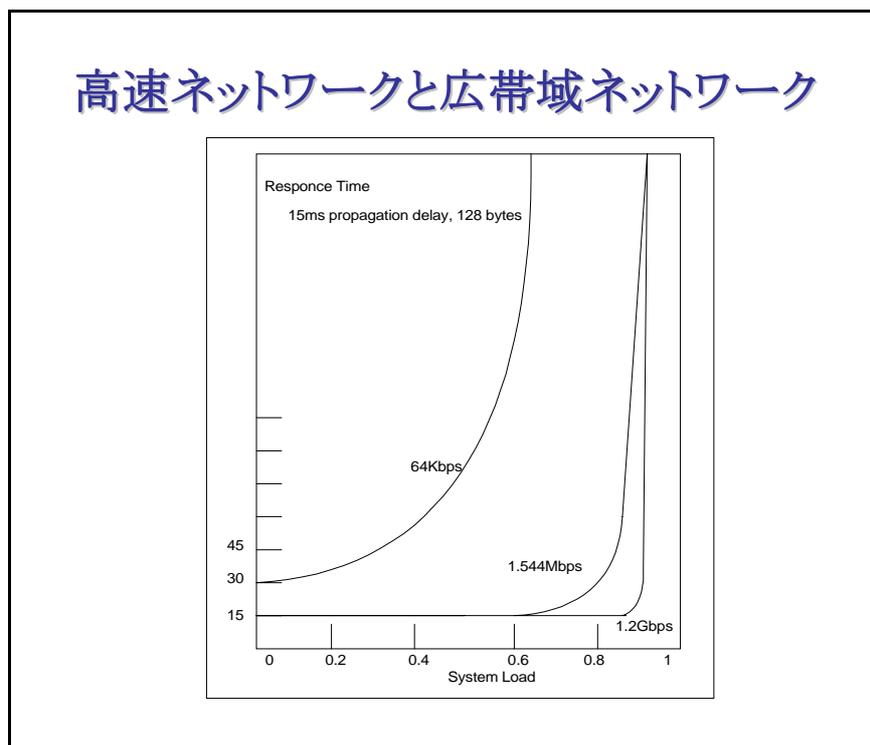


図2：広帯域化による安定性の向上

このグラフは、15 ミリ秒の伝播遅延があるネットワークで 128 バイト単位のパケットを受け渡そうとしたときの、ネットワークの帯域による遅延時間の特性変化を示したものです。横軸は、ネットワーク上の他のトラフィックによるバックグラウンド負荷を表しています。たとえば、このグラフから、バックグラウンド負荷が 0.6 であったときに、帯域幅を 64Kbps から 1.544Mbps (T1 リンク) に広げると、遅延時間が改善されることがわかります。

ただし、帯域幅を 1.544Mbps から 1.2Gbps に広げたとしても、遅延時間は変化しません。帯域を 1.544Mbps としたときと 1.2Gbps としたときの違いは、バックグラウンド負荷が変動したときの安定性の違いとなります。つまり、広帯域化は単純にネットワークの高速化とはならず、性能面で安定性の高いネットワークを構成するための技術となります。

2.2 さまざまな視点による分類

高速ネットワークの分類には、次のように、利用形態によってさまざまな視点が存在しています。このため、ネットワークの検討に際しては、どのような利用形態のものかを考慮する必要があります。

- 1Mbps、10Mbps、100Mbps、1Gbps など、伝送帯域の違い
- 100m 以下、2km 以下、10km 以下、10km 以上など、対応しなければならないノード間の距離の違い
- UTP、光ファイバ、無線など、伝送媒体の違い
- ベースバンド伝送や多重化伝送など、伝送形態の違い
- 標準化動向の違い

このような利用形態の違いの他に、ネットワークの適用領域も次のように分類できます。

- 従来からの LAN (Local Area Network)
- 建屋間も含めた LAN の集合体である Campus Network
- 家庭内でのネットワーク環境である Home Network
- 独自構築が可能な無線網である Wireless LAN
- 特定地域での高速ネットワーク技術である MAN (Metropolitan Area Network)
- 電気通信事業者によって提供される広域網である WAN (Wide Area Network WAN)
- 電気通信事業者によって提供される無線通信網である Wireless WAN

前述の伝送媒体には、CAT5 (CATegory 5) の UTP (Unshielded Twisted-Pair) ケーブルや光ファイバがあります。このうち、CAT5 の UTP ケーブルは、10BASE-T、100BASE-T、ATM で一般的に利用されるネットワークケーブルとなっています。

また、光ファイバについては、広帯域化されるほどに、さまざまな伝送特性に注意する必要があります。たとえば、以前はマルチモードファイバとシングルモードファイバだけでしたが、現在では、それ以外のファイバ径、光伝送特性、コネクタ形状、先端加工形状にも注意する必要があります。

なお、HIPPI や IEEE1394 などの規格では、伝送媒体として専用ケーブルが定義されています。無線通信では、物理的な伝送媒体を購入する必要はなく、電波やレーザー光が利用されます。

2.3 構築の目的

高速ネットワーク環境を構築する目的は、資源を共有する環境への要求に応じて、次のように異なったものとなります。

- ゆるやかな共有環境

WWW ページや電子メールなどによる情報資源を大規模環境で共有するために高速ネットワーク環境が構築されます。このような共有環境を構築するためには、LAN から WAN までの幅広い知識が必要となるかもしれませんが、環境に対する技術要件はそれほど厳しいものとはなりません。

- 緊密な共有環境

緊密な共有環境での高速ネットワークの構築は、LAN を中心としたファイルやディスクの共有、プリンタやスキャナなどの周辺機器の共有など、コンピュータ内部機構の仮想的な拡張が目的となります。このため、このような環境では、バスや周辺機器インタフェースと同程度の帯域を持ったネットワークが要求され、その技術要件を満たさなければなりません。

さまざまなネットワーク利用で要求されるデータ量と遅延に対する感度を、図3に示します。

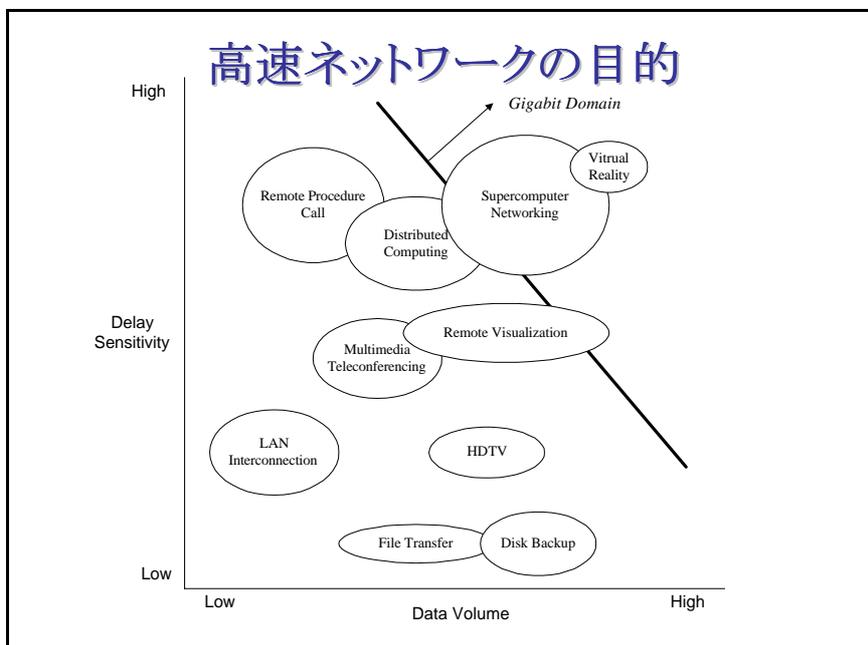


図3：ネットワークで要求されるデータ量と遅延の関係

ユーザの要求には、既にバーチャルリアリティなどの処理も含まれるようになってきているため、図3に示すギガビットクラスの領域が一般的なものとなってきています。また、図3には示していませんが、電子商取引やVOD (Video On Demand) などの処理では、さらに10ギガビット以上のネットワークが要求されると思われます。

2.4 周辺状況の変化

次に、高速ネットワークを取り巻くさまざまな状況の変化について考えます。ここで取り上げる事柄には、次のようなものがあります。

- スター型ネットワーク構成の一般化 (2.4.1を参照)
- IPのみの環境への統合 (2.4.2を参照)
- サーバへの集約の加速 (2.4.3を参照)
- ネットワークの各レイヤでの高速化技術の広がり (2.4.4を参照)
- 高性能なクライアントシステムの一般化 (2.4.5を参照)

2.4.1 スター型ネットワーク構成の一般化

スター型のネットワーク構成が一般化した最大の理由は、10BASE-T が一般化したことです。これによって、ハブやスイッチなどの集線型機器も一般化し、光ファイバの敷設もスター型となっています。スター型ネットワーク構成によって、ルータのような管理機器を管理しやすい計算機室などに配置して、その一方で、いったん設置が完了した後は管理が不要となるユーザ側のアクセス機器を、ユーザが利用しやすい位置に配置できるようになります。

また、スター型ネットワーク構成によって総合配線システムの利用も広がっています。さらに、フロア内や建屋内では CAT5 の UTP ケーブルを利用し、建屋間などで光ファイバを利用することが一般化しています。

2.4.2 IP のみの環境への統合

バックボーンレベルでのプロトコルは、トンネリング技術や、AppleTalk、MS-Net、NetWare、SNA などの他プロトコルのアプリケーションプロトコル化によって、IP のみで運用できるようになっています。これによって、IP のみを高速化するラベルスイッチング技術や安価なシングルプロトコルルータを導入でき、システムをこれまでよりも若干安価に構築できるようになっています。また、ルーティングソフトウェアの要求も少なくなるため、メモリなどの資源も少なくて済むことがあります。

2.4.3 サーバへの集約の加速

大規模なストレージが提供され、バックボーンが直結されることで、複数部門にまたがるサービス(メールサーバやデータベースサーバなど)を提供するサーバ機能が集約されて、大規模なサーバシステムが運用されるようになっています。また、ユーザ側では、プリンタサーバやファイルサーバなどのグループサーバも運用されています。

2.4.4 ネットワークの各レイヤでの高速化技術の広がり

各レイヤの高速化技術については、ルータの利用を減らし、高速接続をレイヤ 2 スイッチで制御しようとしたことで、よりフラットな接続が可能となりました。また、論理的な管理区分を設けるために、より高速なルータを目指してレイヤ 3 スイッチが利用されています。

現状では、レイヤ 2 スイッチやレイヤ 3 スイッチの利用によって、ルーティング処理がネットワーク性能のボトルネックとなることがなくなり、ネットワークの運用方法のみを考えてネットワークが構築できるようになっています。

2.4.5 高性能なクライアントシステムの一般化

通常ユーザが使用するクライアント PC が高性能化し、MPEG2/MPEG4 デコーダ、MP3 の利用が拡大して、マルチメディアアプリケーションが一般化してきました。このため、ネットワークがボトルネックとなり、広帯域なネットワーク環境が必要とされてきています。

3 高速ネットワーク技術

ここでは、次のような高速ネットワークのための技術を個別に説明します。

- Ethernet ファミリ (3.1 を参照)
- FDDI (3.2 を参照)
- ATM (3.3 を参照)
- HIPPI (3.4 を参照)
- Fibre Channel (3.5 を参照)
- IP over SONET と IP over Glass (3.6 を参照)
- WDM (3.7 を参照)
- ADSL (3.8 を参照)
- IEEE1394 (3.9 を参照)
- 無線通信 (3.10 を参照)

3.1 Ethernet ファミリ

高速ネットワークの基礎であり、すべての LAN 技術の基盤となっている Ethernet は、CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) という競合型のネットワークに基づいた LAN 技術で、IEEE802.3 で標準化されています。CSMA/CD では、負荷をかけすぎるとユーザが無制限時間待たされることになるため、ネットワークが必要以上に混み合わないようにする必要があります。

また、Fast Ethernet では、伝送媒体として同軸ケーブルではなく、UTP/CAT5 か光ファイバが利用されています。これによって、伝送媒体を変更せずに 10Mbps の Ethernet 環境から直接移行できます。さらに、Fast Ethernet では、UTP を利用することで上りと下りを個別に管理し、同軸ケーブルでは実現できない全二重による双方向データ伝送を行えるようになりました。このような双方向データ伝送が可能な 100BASE-T では、200Mbps までの広帯域化が理論上可能となっています。また、当初、相互操作性の問題として発生していた 10BASE-T、100BASE-T、単方向データ転送、双方向データ転送に対する自動認識や自動設定の問題も、標準化によって現在ではほぼ完全に解決されています。

Gigabit Ethernet の規格には、IEEE802.3z と IEEE802.3ab があります。このうち IEEE802.3z によって標準化されている Gigabit Ethernet では、伝送媒体として光ファイバが使われ、片チャンネル 1Gbps で全二重の双方向データチャンネルが実現されています。現在、多数の製品が提供され、相互操作性に関する問題も着実に解決されています。ただし、利用されるインタフェースに、短波長の 1000BASE-SX と長波長の 1000BASE-LX という特性の異なる 2 種類の規格があるため、既に敷設されているケーブルを利用できないことがあります。

Gigabit Ethernet のもう一方の規格である IEEE802.3ab は、伝送媒体として UTP ケーブルを使う 1000BASE-T です。この規格は、IEEE802.3z と同レベルに位置する規格であり、共存するものとなっています。IEEE802.3ab が標準化されたことによって、対応製品が提供され始めていますが、実際の運用では、CAT6 か CAT5+ のケーブルを利用したほうがよいようです。

このような Gigabit Ethernet には、光ファイバに関する課題が存在しています。光ファイバでは、前述のように短波長と長波長の 2 種類のインタフェースが存在し、ファイバの特性が重要な要素となります。このため、既設ファイバを利用する場合は、そのファイバの特性を確認したり、ベンダーに相談したりする必要があります。

また、光ファイバによる長距離伝送では、1000BASE-ZX を利用することで 10 ~ 20Km 間での伝送が可能となります。ただし、現状では 1000BASE-ZX が標準化されていないため、利用する製品は同一ベンダーのものに統一しておく必要があります。

表 1 に、これまで説明してきた Ethernet ファミリの技術比較表を示します。

表 1：Ethernet ファミリーの技術比較表

	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
Data Rate	10Mbps	100Mbps	1Gbps
CAT 5 UTP	100m	100m	100m
STP/Coax	500m	100m	25m
Multi-mode Fiber	2Km	412m (hd*) 2Km (fd*)	550m
Single-mode Fiber	25Km	20Km	5Km
*IEEE half duplex/full duplex 注) IEEE 802.3z			

表 1 は、Gigabit Ethernet の規格を策定しているグループの技術目標値であるため、「CAT 5 UTP」での「Gigabit Ethernet」の欄には、Ethernet や Fast Ethernet と同一レベルの「100m」が示されています。

ここまで示してきた Ethernet ファミリーでは、レイヤ 2 での特別な網管理が必要なく、設置すれば動作するという技術が大きな強みとなっています。この点が ATM との大きな違いです。

3.2 FDDI

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) は、耐故障性を考慮した二重化リングによるトークンバス方式で 100Mbps の帯域を提供しています。FDDI は、非常に安定した技術であり、FDDI スイッチのマルチリンク機能によって広帯域なバックボーンが構築できます。

ただし、FDDI 用インタフェースが高価であり対応製品も減少しているため、市場での利用は終焉の時を迎つつあります。

3.3 ATM

ATM (Asynchronous Transfer Mode) では、どのようなパケットも 53 オクテットの固定長セルに分割されます。また、ATM は、パケット交換と回線交換の両方の特徴を併せ持つことができ、物理網と仮想網を分離することができます。

ATM は 1990 ~ 91 年に広帯域ネットワーク技術として登場し、その利用は 1995 年頃にピークとなりましたが、最近では減少してきています。当初、ATM では、その基盤伝送路である SONET (Synchronous Optical Network) の OC (Optical Carrier level) のうち、OC-3 (155.52Mbps) が利用されていました。最近では、OC-12(622.08Mbps)、OC-24(1244.15Mbps)、OC-48 (2488.32Mbps) に対応する製品が提供され始めています。

また、ATM 網を利用するためのインタフェース層として AAL (ATM Adaptation Layer) が定義されています。AAL は、AAL1、AAL3/4、AAL5 の 3 種類に分かれますが、現在は、画像伝送などを実行するための固定ビットレート伝送を提供する AAL1 と、コンピュータネットワークで利用する AAL5 のみが利用されています。この AAL1 と AAL5 の大きな違いは次のとおりですが、最近の実装では AAL5 でも、あらかじめ決められたタイミングに従ってデータを搬出するようになっています。

- AAL1

データ搬出のタイミングに利用するクロックを、ネットワークから受け取ります。

- AAL5

独自のクロックによってデータ搬出のタイミングが決定されます。

また、ATM による回線サービスモデルには、次の 2 種類があります。

- PVC (Permanent Virtual Circuit)

固定的に仮想網を設定するような単純な運用で利用され、AAL のフレーム上でパケットを直接受け渡すときに設定されます。

- SVC (Switched Virtual Circuit)

動的に仮想網を設定したい LAN Emulation などで利用されます。

ただし、現在では、広域ネットワークとして ATM を利用することが多いため、PVC としての利用が一般的なものとなっています。

このような利用では、ATM 網を物理的なネットワークから独立した論理網として設定できるため、PVC を単純に二点間を接続する「針金」としてしています。また、このような利用方法は、多くの Campus Network や Enterprise Network だけでなく、光ファイバを増設できない環境でも有効です。さらに、ATM では、PVP (Permanent Virtual Path) によってパスを固定化し、仮想網はユーザ側に解放して、利用目的に応じた設定を可能にすることもできます。

このように ATM ではさまざまな技術が提供されていますが、実際の ATM の利用は、Gigabit Ethernet に比べて使用機器が割高となってしまうため、LAN 環境ではなく NTT による MegaLink サービスのような広域ネットワークでの利用のみとなります。たとえば、NTT の MegaLink サービスを利用することで、従来の専用回線を利用していたときと同じ費用で、2 ~ 3 倍の帯域が利用できます。また、仮想網を利用すれば、1 つのインタフェースで複数対地が設定できるため、接続機器数を抑えることもできます。

3.3.1 ATM LANE

ATM LANE (LAN Emulation) は、基本的には SVC を利用し、LAN と同じ機能を持つ環境を ATM 網で構築しようとするものです。このためには、ネットワーク構成管理、ブロードキャストやマルチキャストのエミュレーション、ARP (Address Resolution Protocol) の解決のために、次のような LANE サーバ機能が必要となります。

- LECS (LAN Emulation Configuration Server)
- LES (LAN Emulation Server)
- BUS (Broadcast and Unknown Server)

現在、このような LANE サーバ機能を ATM スイッチとして提供する製品が多数販売されています。また、アップリンクに ATM を利用し、クライアント側には Ethernet ポートを複数提供する LANE 対応のハブなど、ユーザ側での接続を容易にするためのエッジデバイスも提供され始めています。ただし、ATM LANE では、導入費用がかかるだけでなく、次のようなオーバーヘッドが多く発生するため、その利用は減りつつあります。

- 処理オーバーヘッド
- 仮想網の管理にかかるオーバーヘッド

処理オーバーヘッドとしては、設計時から 20% 程度の帯域劣化を見積っておく必要があります。また、LANE 環境は、物理的な網から完全に独立して定義されるため、大量の仮想網を設定したときには、管理のためのオーバーヘッドが増加してしまいます。

3.3.2 ATM MPOA

ATM MPOA (Multi-Protocol Over ATM) は、ATM によるネットワーク環境構築の新たな技術として、高速化やプロトコル非依存を中心に ATM Forum によって標準化されています。ATM MPOA によって ATM LANE と同様の環境が構築でき、より高速なデータ転送を実現できます。現在、MPOA の実装は着実に増加していますが、機器の価格は高額です。

3.4 HIPPI

HIPPI (High Performance Parallel Interface) は、ANSI X3T9.3/88 によって標準化されていますが、本来は周辺機器の高速接続用チャネル技術として登場したものです。HIPPI では、32 ビット幅のときに 800Mbps、64 ビット幅のときに 1.6Gbps でデータを伝送できます。そして、HIPPI-FR (Framing Protocol) が標準化されたことで、ネットワークとして HIPPI を利用できるようになっています。

実際に、HIPPI スイッチによる相互接続環境は高い実効性能を示しています。実際の導入には多額の費用が必要ですが、対象とするコンピュータシステムが高価なスーパーコンピュータであるためか、特定の市場で根強い人気があります。

HIPPI の問題点としては、標準ケーブルによる接続距離が 25m と短いこと、ルータが少ないこと、NIC が高価であることなどが挙げられます。このうち、接続距離については、光ファイバを利用して 10km まで延長することはできます。

3.4.1 GSN

GSN (Gigabyte System Network) は、HIPPI-6400 や SuperHIPPI と呼ばれていた HIPPI の後継標準です。GSN では 6.4Gbps の帯域が確保されるため、HIPPI-800 を多重化したときのバックボーンとして利用できます。

現在は ANSI X3T11 で標準化作業中であり、1999 年中にも作業が完了するようです。

3.5 Fibre Channel

Fibre Channel は、HIPPI と同様に周辺機器への高速接続チャネルとして開発された技術で、SCSI に代わるものとして、ディスクアレイ用インタフェースのために利用されています。266Mbps の帯域を最大 10km の接続距離で利用できますが、最近では 800Mbps まで拡張されています。また、Fibre Channel は、最近では SAN (Storage Area Networking) とも呼ばれています。

このような帯域と伝送距離から、Fibre Channel について、ネットワークとしての利用技術も開発されています。ただし、標準化作業が完了していないために相互接続性が確保できない、Gigabit Ethernet や HIPPI などと比較して魅力的な点が乏しいなどの理由から、ネットワーク製品はほとんど存在しない状態となっています。このため、今後は、周辺機器への高速接続チャネルとしては利用されるでしょうが、ネットワークへの利用の展開は望めないと思われます。

3.6 IP over SONET と IP over Glass

階層型プロトコルでは、上位層のデータが下位層のペイロードとして格納されます。このため、プロトコル処理では、常にカプセル化と、そこからの取り出しが繰り返され、その手間も大きなものとなっています。

前述のように ATM を利用した従来の IP データグラムの伝送では、次のようなオーバーヘッドが発生しています。

- IP データダイアグラムを AAL5 のフレームに格納する。
- AAL5 のフレームを ATM のセルに分割する。
- ATM のセルを SONET のフレームに格納する。
- 光ファイバを使って SONET のフレームをデジタル伝送する。

このようなオーバーヘッドが IP データグラムを伝送するために必要なのかという疑問から、より下位層を IP データグラム伝送のために利用した技術が実現され始めています。

- IP over SONET (3.6.1 を参照)
- IP over Glass (3.6.2 を参照)

3.6.1 IP over SONET

POS (Packet Over SONET) と呼ばれる IP over SONET は 1993 ~ 1994 年に登場した、ATM などで行われている同期伝送網である SONET を直接利用してパケット交換を実現しようとする技術です。実際には、SONET 上に適用した PPP (Point-to-Point Protocol) を IP データグラム of 伝送に利用します。IP over SONET の技術的な詳細については、次の 2 つの RFC で説明されています。

- RFC1619 (PPP over SONET/SDH)
- RFC1662 (PPP in HDLC-like Framing)

ただし、実際のところ、ATM は一般ユーザも利用できましたが、同期伝送網である SONET はスイッチなどが非常に高額なものとなるため、簡単には利用できません。また、SONET は、通信事業者のサービス基盤であるため、容易にユーザに提供されるものでもありません。このため、現状では、通信事業者によって提供されるバックボーンとして IP over SONET が利用されることが期待されています。既に、通信事業者が利用するバックボーン用ルータにおいて、OC-48 での IP over SONET のインタフェースが提供され始めています。また、小型スイッチ製品も提供され始めているため、今後基幹網で利用されていくものと思われます。

3.6.2 IP over Glass

IP over Glass は、光ファイバによるデジタル伝送処理を直接 IP データグラムの伝送に利用しようというものです。IP over Glass では、もっとも下位の伝送方法をそのまま利用するため、IP over SONET よりもさらにオーバーヘッドは小さくなります。

IP over Glass の実装は、NEDO の資金援助によって東京工業大学の太田昌孝先生が率いるコンソーシアムで開発され、N+I '99 の ShowNET でデモンストレーションされました。IP over Glass は、その処理性能が IP over SONET よりも高いものとなっていますが、現状ではポイントツーポイント型でしか利用できないという問題があります。

3.7 WDM

WDM (Wave-Division Multiplex) は、1 本の光ファイバ上で波長の異なる複数の光信号を使用し、物理媒体の変更なしに利用可能な帯域を増加させる技術です。

WDM の一種である D-WDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) という技術によって、OC-48 を 4 波、16 波、32 波、64 波として利用することができます。これによって、1 本の光ファイバで IP over SONET を多重化して、10 ギガバイトや 100 ギガバイトの帯域が確保できるようになります。このような可能性から、WDM は大規模ネットワークの広帯域化技術のうち、特に通信会社での基幹網技術として注目され、現在製品化が進められています。

さらに、WDM 網を直接 IP データグラム伝送のために利用する IP over WDM も、前述の IP over SONET や IP over Glass と同様に今後提供され始めると考えられます。

3.8 ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) は、既存のより対線を利用した高速伝送技術です。数 km の伝送距離を確保でき、片方向であれば数 Mbps、双方向でも 16 ~ 640Kbps の帯域で利用できます。このため、現在、ADSL は SOHO に対する高速接続技術として期待され、多数の実装が登場しています。

また、UTP ケーブルさえも敷設できないような古いビル内で、電話線を使ってネットワークを構築するために ADSL を利用するといった、オフィス環境改善のためのオプションとして利用されることもあるようです。

3.9 IEEE1394

IEEE 1394 は、i-Link や FireWire などとも呼ばれている、TV や VCR などの AV 機器の相互接続のために開発された高速バス技術です。伝送距離は数 m ですが、帯域としては 100 ~ 400Mbps で利用できます。既に、この IEEE1394 によるシリアルバス上で IP ネットワークを構築するための技術が開発され始め、IETF ip 1394 という作業グループで標準化が進められています。現在は試作システムが開発され、Home Network の基盤技術として期待されています。

3.10 無線通信

無線通信としては、ポイントツーポイント型であれば、既に多数の高速接続装置が登場しています。たとえば、Internet Week 97 で利用したキヤノン社製の CANOBEAM では、ATM (OC-3)、FDDI、Fast Ethernet のインタフェースが提供され、レーザー光を使って標準伝送距離 2km を達成しています。

また、IEEE802.11 で標準化されている Wireless Ethernet は、Wireless LAN としてもっとも多く利用され、数百 Kbps ~ 3Mbps 程度までの数多くの製品が提供されています。また、10Mbps 程度の帯域を提供する製品も登場し始めています。

無線公衆網については、携帯電話で 9.6Kbps、PHS で 32Kbps、cdmaOne で 64Kbps といった、かなり遅い状態となっています。ただし、近い将来に向けて、IMT2000 (International Mobile Telecommunications 2000) という最大 2Mbps の帯域を提供する公衆無線網が計画されており、その製品化が進められています。

4 ネットワーク層技術の進展

これまで広帯域ネットワークのための技術は、主にレイヤ 2 におけるものでした。しかし、最近ではネットワーク層であるレイヤ 3 に対する次のような技術も、ネットワークの広帯域化のために利用され始めています。

- ラベルスイッチング (4.1 を参照)
- トラフィック制御 (4.2 を参照)

4.1 ラベルスイッチング

たとえば、CSR (Cell Switch Routing) は、東芝が技術開発したラベルスイッチング方式の 1 つです。CSR では、ATM のスイッチング機構を利用して特定のフローに仮想網をマッピングすることで、高速なデータ転送を実現しています。ただし、このような処理では、フローの特定と割り当てのアルゴリズムが重要なものとなり、現状では研究レベルでの課題が多数残されています。

CSR と同様の方式として、Cisco 社の Tag Switch、Ipsilon 社の IP Switch などが提案されています。また、ラベルスイッチング技術の基本的な概念を整理し、共通の方式を標準化するための試みが IETF MPLS (Multi-Protocol Label Switching) として開始されており、QoS 制御の取り込みも含めて現在も策定中です。

現在、ラベルスイッチングは、単純に広帯域性を提供するだけでなく、QoS 制御やポリシーベースの取り扱いを可能とする技術として期待されています。また、ラベルスイッチングは、フローを取り出してフローごとの取り扱いを決めるものなので、ATM に限定された技術ではなく、多くのデータリンクに適用することができます。ただし、現状では研究的な要素も多いため、標準化にはもうしばらく時間がかかるものと思われます。

4.2 トラフィック制御

広帯域ネットワークにおいてトラフィック制御は、特定のトラフィックが適切にネットワーク内を通過するために必要な機構となっています。特に、マルチメディアトラフィックと他のトラフィックが共存するネットワークでは必須技術となります。

Differentiated Services は、1997 年から IETF (Internet Engineering Task Force: インターネット技術検討部会) によって標準化が進められているトラフィック制御技術ですが、現状では対応する製品はほとんどありません。ただし、IPv4 での TOS (Type Of Service) フィールドの利用方法が決定されたことから、今後、Differentiated Services によるトラフィック制御が利用されるようになると思われます。

5 まとめ

現在ユーザ側のネットワークは、次のような理由から 100BASE-T の利用が中心となっています。

- UTP/CAT5 によるケーブルが有効利用できる。
- ハブやスイッチなどの機器の低価格化が急速に進んでいる。
- PCやワークステーションに搭載される標準のEthernet仕様が100BASE-T となっている。

このため、バックボーン技術には、次のような数百 Mbps の帯域を提供するものが必要となります。

- FDDI

FDDI スイッチを利用して複数チャンネルを並列利用することで、必要となる帯域を確保できます。

- ATM

OC-3 を利用していたネットワークに対して OC-12 や OC-48 の技術を利用することで、必要な帯域を確保できます。また、ATM については、導入に必要な費用も低下してきています。ATM によって帯域を確保するときに検討しなければならないのは、データリンクモデルとして PVC、LANE、MPOA のいずれを利用するかということです。比較的規模が小さく利用者数が少ない場合には PVC で問題ありませんが、それ以外の場合には、どのデータリンクモデルを採用するかを検討する必要があります。

- HIPPI

HIPPI スイッチによって各サーバをスター型で接続できます。高性能なホストマシンをスター型に接続できることは魅力的ですが、HIPPI 対応のルータ製品はわずかな種類しかありません。

- Gigabit Ethernet

現在、多数の製品が市場に登場し、価格も急激に低下しています。

このようなバックボーン技術を利用する際は、光ファイバの敷設に注意する必要があります。まず、光ファイバは、再利用できるように敷設すべきです。また、光ファイバは簡単に入れ替えることができないため、利用するネットワーク技術を検討しながら敷設すべきです。さらに、最低必要本数の 2 倍程度の、十分に余裕のあるファイバ数を敷設するようにします。そして、敷設後はケーブルの敷設情報を適切に管理すべきです。

前述の WDM や IP over SONET については、今後しばらくは、その動向に注目する程度でよいと思います。ただし、既に大規模な交換機などが用意されつつあるため、バックボーンオペレータや ISP の方々はそろそろ検討し始めてもよいかもしれません。

無線技術のうち、ポイントツーポイント型のネットワークは ATM や Ethernet で利用できることも含めて、ケーブルの敷設工事が困難な環境などでは有効な技術となります。また、Wireless LAN は、多数のベンダーから製品が提供され低価格化も進んでいることから、モバイル環境だけでなく、家庭内や小さなオフィス内でも有効なものになるでしょう。

最後に、さまざまなネットワーク技術を紹介してきましたが、これらの新しい技術を導入する必要性が本当にあるかどうかを判断することがもっとも重要です。たとえば、SOHO 環境に Gigabit Ethernet の技術を導入する必要があるでしょうか。新しい技術を大規模に導入することには先行投資や市場活性化の意味もありますが、最終的にはその技術が成熟した時点で導入した方が、コスト的に見合ったものとなります。また、今後のネットワーク設計では、ネットワークを広帯域化するだけでは問題を解決できず、サーバやクライアントの性能を考慮する必要もあります。

6 付録

説明した高速ネットワーク技術に関する規格、および標準化の動向については、次の関連サイトをご覧ください。

- ATM Forum (<http://www.atmforum.com/>)
- Gigabit Ethernet Alliance (<http://www.gigabit-ethernet.org/>)
- Fibre Channel Association (<http://www.fibrechannel.com/>)
- High Performance Networking Forum (<http://www.hnf.org/>)
- IETF home page (<http://www.ietf.org/>)
- ADSL Forum (<http://www.adsl.com/>)