

教育・研究システムにおけるGigabit Networkの有効性

Effectiveness for Application of Gigabit Network to Education and Research Systems

短期大学部 鈴 田 伊知郎
経営情報学部 今 井 正文

論 旨

コンピュータを取り巻く技術は日々進歩しているが、その中でもネットワークの技術の進歩には目覚ましいものがある。本学でも開学5年目に際し学内ネットワークの見直しを早急に検討することが必要となっている。本論文では、大学という教育・研究を行う組織におけるネットワークの構築、運用に際し、現在最も適していると考えられるGigabit Networkの基幹技術を概観し、その有効性について論述した。本論文の構成は、1章緒言、2章LAN技術の比較、3章Gigabit Network、4章Gigabit Networkの運用上の利点、5章本学の現状、6章結論である。

Keywords: LAN, Gigabit Ethernet, VLAN

1. 緒 言

従来、パソコンはスタンドアロンでの使用が前提であったが、現在ではネットワークに接続しないパソコンは珍しいといえる。また、情報処理教育の重要性から、学内のパソコン台数も増加の一途を辿っている。そのような状況の中で、平成13年度から運用開始予定の新ネットワークは、バックボーン部分に最近多くの企業、学校等において導入されているGigabit Ethernetによるネットワークシステムの採用が予定されている。一般ユーザのパソコン購入理由の第一番目に「インターネットの利用」が挙げられる時代であるが、端末のパソコンにネッ

トワーク接続機能が付加されているというようなレベルとは別の次元で、ネットワークの技術は格段に進歩してきている。基本的には「より高速に」という方向性であるが、WANとLANでは使われる技術や速度がやや異なる。実際、ISP(Internet Service Provider)間の主要なバックボーンなどを除けば、WANは数10Kbpsから数10Mbpsであるのに対し、LANは最低でも10Mbpsである。

今回はその中から最近バックボーンとして利用されているIEEE802.3規格に基づくGigabit Ethernetを用いた、教育・研究ネットワークシステムの基幹技術とその有効性について考察する。

2. LAN 技術の比較

最初に、一般的な Ethernet から Gigabit Ethernet に到るまでの、主だったネットワーク技術について簡単に述べる。

2.1. Ethernet

ここで『Ethernet』とは伝送速度が10Mbpsの規格である。伝送方式にはCSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)が使用される。しかし『Ethernet』も大きく3つの規格に分かれる。10BASE5, 10BASE2, 10BASE-Tである。

10BASE5, 10BASE2は、共に同軸ケーブルを用いるバス型のトポロジである。10BASE5は光ファイバが普及するまではLANのバックボーンとして主流を占めていた。10BASE2はトランシーバをタップする代わりにT型コネクタを使い、フロア内の敷設に適していた。

10BASE-TはUTP(Unshielded Twisted Pair)ケーブルとHUBからなるスター型のトポロジである。ただ厳密にはUTPを用いているのは10BASE5でのトランシーバケーブルに相当し、HUBはマルチポートトランシーバに対応させられるべきである。つまり、同軸ケーブルとタップトランシーバがHUBへと変化したと考えることもできる。

この10BASE-Tによって、トポロジがバス型からスター型に変化し、さらにHUBを縦方向に接続するカスケードという概念が現れ、ツリー型とも呼べるトポロジにも発展した。

これら『Ethernet』は全て媒体共有型のネットワークであり、同一セグメント内で10Mbpsの帯域を共有する。例えば10台の

端末が接続され、均等にネットワークを利用する場合、1台が平均して利用できるのは1Mbpsとなる。さらに、Ethernetは前述のCSMA/CD方式を用いているためデータフレームの衝突が発生する。当然、接続台数が増すほど、その回数は増加の傾向を示すこととなる。

この現象を改善するために、HUBの中にポート毎にバッファを設け、データの送出タイミングをずらし、さらにデータフレームの宛先をみてポートごとに伝送すると言うスイッチングHUBが誕生した。これにより各ポートは10Mbpsの帯域が占有可能となった。

2.2. FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

FDDIは二重の光ファイバリング構成をとるToken Ring方式を用いた規格である。100Mbpsの伝送速度で媒体共有型のリング型のトポロジである。実際の構成の際には、各端末に直接接続される形態は稀で、「バックボーンはFDDI、各端末はEthernet」と言うネットワークシステムが一時期の主流であった。

2.3. Fast Ethernet

10MbpsのEthernetの規格を100Mbpsと拡張した規格である。媒体としては光ファイバの他、10BASE-Tと同じUTPを用いた100BASE-TXが一般的である。ただしUTPの規格として、EthernetはCategory3で対応できるが、Fast EthernetはCategory5規格のUTPを要求する。ただしCategory5はCategory3の上位規格のため、10Mbps, 100Mbpsのどちらも利用できる10/100BASE-TXが登場し、端末レベルでの

100Mbps 化が促進された。

2.4. ATM (Asynchronous Transfer Mode)

本来 WAN に適用すべく、電話網に代表される回線交換方式とデータ通信網などのパケット交換方式、双方の特徴を備えた新しい交換方式である。全てのデータを53バイトの固定長の“セル”に分割することによって、ハードウェアによる高速な処理が可能となり、固定的ではなく、可変の伝送速度が可能となる。トポロジとしてはメッシュ型である。さらにATMはLANE(LAN Emulation)を用いて、VLAN(Virtual LAN)を実現する。ATMは現在でもWANの技術として主流である。

2.5. Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet は Ethernet の 10Mbps から Fast Ethernet の 100Mbps と同様に 1Gbps の伝送速度を実現した規格である。Gigabit Ethernet は長波長レーザを用いた 1000BASE-LX, 短波長レーザ(主として LED)を用いた 1000BASE-SX, STPを用いた 1000BASE-CX, そして UTP を用いた 1000BASE-T から構成され、実際の製品には IEEE802.1 による VLAN などさまざまな規格が盛り込まれている。

本論では Gigabit Network とはこれらの規格に沿って実際に開発された製品で構築したネットワークを指している。

3. Gigabit Network

3.1. バックボーンとしての Gigabit Ethernet

現時点での教育・研究システム、いわゆ

るキャンパスネットワークにおいては、バックボーンに Gigabit Ethernet を用いるのが一般的である。各端末での Gigabit Ethernet の NIC (Network Interface Card) の利用も可能であるが、現時点でのパソコンの能力では Gigabit Ethernet の速度を活かし切れず、Fast Ethernet, 100BASE-TX の NIC を複数使用するほうがより高速な転送速度を実現できるのが事実である。また、コスト的にも Gigabit Ethernet の NIC は高価であり現実的ではない。

3.2. Ethernet との親和性

Gigabit Ethernet の特徴としては第一に「“ Ethernet ”, “ Fast Ethernet ”の流れをくむ安定した技術を流用している」点が挙げられる。例えば、FDDI や ATM をバックボーンとして利用する場合、端末レベルでは “ Ethernet ” 系のネットワークを使うことになっているため、何らかの変換を行うことが必要となる。その際に接続性の問題が発生し通信速度が低下することがある。特に高速に大容量のデータの転送を試みた場合にトラブルが発生する可能性が高いことが知られている。その点、Gigabit Ethernet はフレーム長が Ethernet から Gigabit Ethernet まで同一のためそのような問題の発生を避けることができる。さらに同様な接続性という理由により、スイッチングも高速に実現可能である。

3.3. VLAN の必要性

キャンパス内においては同一セグメントに所属させたい機器 (or 人) が物理的に離れた場所に点在していることが多い。企業の場合、同じ組織は比較的同じフロアに集中しているが、大学の場合、同じ学部、学科

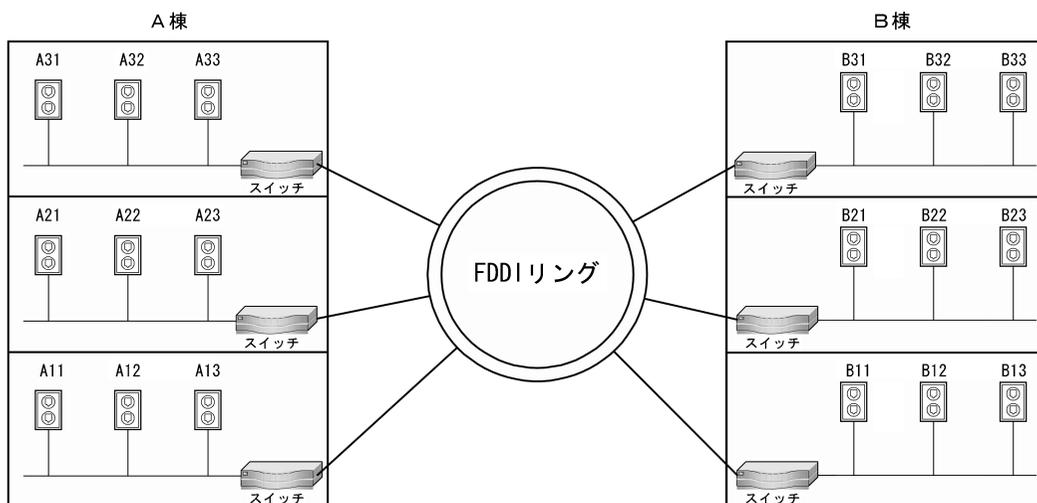


Figure 1 FDDIによるネットワーク

の教員が同じフロアに固まっているとは限らない。その点、物理的に離れていても論理的に同一セグメントに所属させることが可能となるVLANは非常に有効である。またこのことは同時に、組織変更や異動に伴う研究室、教室の移動にも対応できることを意味する。

Figure 1はVLANを用いないFDDIをバックボーンとするネットワークの構築例である。

図中においてA11～A33, B11～B33は各部屋の情報コンセントを表しているものとする。各棟の各フロアの6箇所にFDDIのスイッチを設置する。この構成ではフロア毎にセグメントを分割する、もしくは、さらに細分化は可能だが、いずれにせよA棟の2階とB棟の3階を同一セグメントに設定することは困難である。つまり「物理的な位置＝ネットワーク構成」である。

Figure 2はGigabit Ethernetをバックボーンにしたネットワークの構成例である。各部屋からGigabitスイッチに直接接続する

ことで、先ほどのA棟2階とB棟の3階を同一セグメントに設定することが可能となる。さらに、A31の教室とB12の部屋を同一セグメントと設定可能である。

つまり、Gigabit Networkは、全体で大きなルータの機能を果たしている。即ち「物理的な位置 ネットワーク構成」を実現し、フロアレイアウト等に左右されない、自由なネットワーク構成が実現可能となる。

3.4. ATM-LAN との相違点

VLANはGigabit Networkだけが実現しているわけではない。先に述べたとおりATMをバックボーンとしたATM-LANによっても実現可能である。

しかしGigabit NetworkとATMによるネットワークの相違点は、スイッチの部分におけるパケットの変換の有無である。スイッチより下のネットワークは基本的にEthernetもしくはFast Ethernetが使用されるため、Gigabit Ethernetの場合はそのままバックボーンへと流れていく事となる。し

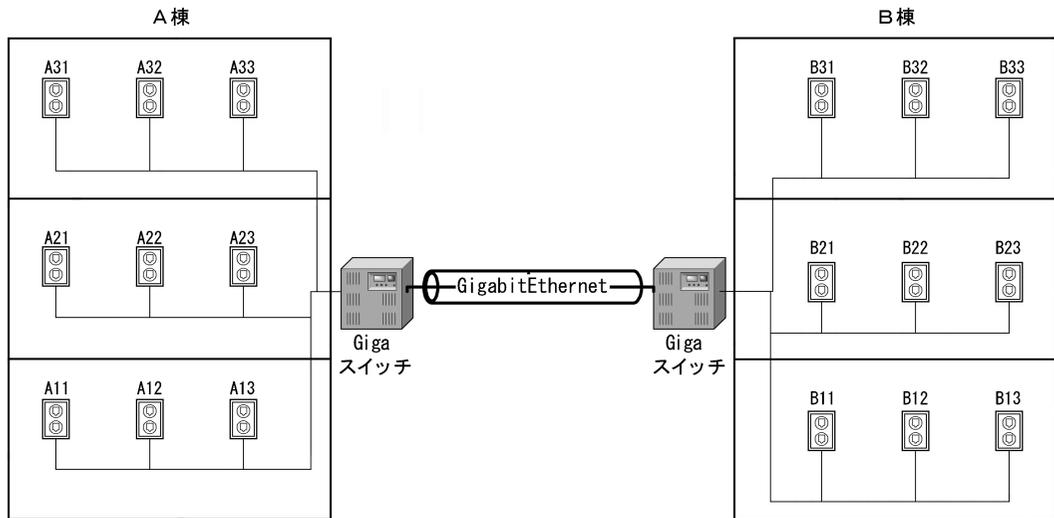


Figure 2 Gigabit Ethernet によるネットワーク

かし、ATMの場合、ここでセルとの相互変換が発生するため、接続の遅延の発生が避けられない。

3.5. トラフィック

次にGigabit Networkの利点をトラフィックの面から考察する。Figure 1, Figure 2のA22にサーバが設置され、ファイルサービスを提供しているとする。FDDIの例ではセグメントを細分化したと仮定してもサーバと同一フロア以外の端末からのアクセスは全てFDDIのバックボーンリングを通過して処理される。FDDIは確かにリング型のトポロジーであるが、そのリングをバックボーンとすれば結局スター型と同様であり、トラフィックのFDDIリングへの集中という問題が発生する。つまり、FDDIの100Mbpsの帯域をサーバと同一フロアにある端末以外の全ての端末で共有することになる。一方、Gigabit Networkの場合は、1Gbpsの帯域を各棟毎に利用することになる。また、Gigabit Ethernet全体でルーティ

ングが行われるため全体のトラフィックが一点に集中することも避けられる。

3.6. スケーラビリティ

Gigabit Networkは、非常に高いスケーラビリティを備えている。ある部分において1Gbpsで帯域が不足したとしても容易に帯域を増設することが可能である。Figure 3では、ネットワークの集中するサーバ室とパソコン教室にはそれぞれ3Gbps、2Gbpsの帯域を用意する場合の例を示した。これは光ファイバを複数本用意することで実現可能である。またこの構成は、帯域の確保と同時に障害に対する冗長性の向上をもたらすことになる。

4. Gigabit Network の運用上の利点

4.1. 教育の観点から

教育の観点からネットワークを見ると、一般的な企業のネットワークとはいくつか

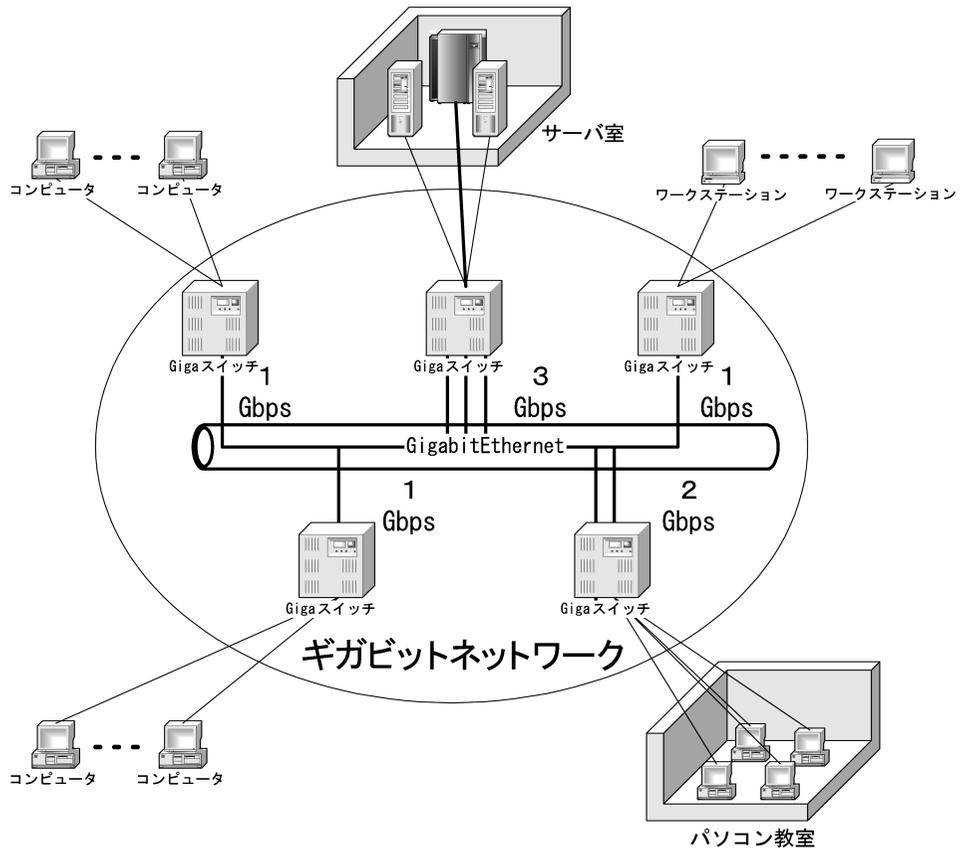


Figure 3 Gigabit Network のスケーラビリティ

の相違点が見られる。トラフィックに関していえば、授業開始時に一斉にログインが行われ、また、ファイルサーバ等へのアクセスも教員の指示により比較的短い時間に集中する。さらに、授業時間が存在するため、同一教室内だけでなく、全学的に授業開始時のごく短時間にサーバへのアクセスが集中する傾向にある。これらに対し、Gigabit Networkは十分な帯域容量と応答性を実現する。

また、光ファイバ敷設時に余分を見込み敷設することにより、帯域の不足が生じた際にスケーラビリティの高さを活用して、

直ちに帯域容量の増加が可能となる。

4.2. 研究の観点から

一方、研究の側面から見るとネットワークには多種多様な要求がなされる。研究分野において、ネットワークの設計をトップダウンに行うことは一般に難しい。ユーザの利便性を優先したものでなければならず、一方で安全性の問題もある。この利便性と安全性は同時に実現することが困難な特性である。

例えば、公式サーバ以外のサーバを構築し外部に対してWebサービスを構築したい

ユーザが存在する場合を考える。このセグメントには Global IP Address を付与する、もしくは Fire Wall の外、DMZ(Domestic Military Zone)に所属させる必要がある。このような場合、このサーバの管理者に対して、セキュリティの知識が要求される。さらにこのサーバを経由したクラッキング等に起因する、システム全体のセキュリティ低下の危険性がある。

一方、電子メールと Web ブラウズのサービスのみを実現する場合、ユーザにセキュリティの知識を要求することは困難であり、管理者側で保護しなくてはならない。この事実に対して何も外部の攻撃からだけでなく、学内における不正なアクセスからも守る必要がある。

以上のような利便性と安全性という二つの要求が同一フロアから求められることは現実として起こりうる。実際にここまで極端ではなくても、様々な要求レベルに対し、柔軟に対応するためには VLAN によるセグメント管理は不可欠であり、このような場合においても Gigabit Network は有効に機能すると言える。

5. 本学の現状と展望

本学は、FDDI をバックボーンとするネットワークから Gigabit Network へと移行しようとしている。現在は大学全体がひとつのセグメントで構成されているため、トラフィックのコントロールの面から言えば、あまり最適化されている状態とは言えない。しかし、メール、および外部回線 128Kbps による Web ブラウズのみにはサービスが限定されていたため、問題が顕在化せず稼働していた。現在、外部回線の容量も 1.5Mbps

となり、教育環境においても学生のデータがフロッピーディスクに限定されていることなどから、教育に制限が生じている面もある。そこで今回は Windows 2000 クライアントとファイルサーバを用意し、学生及び教職員の領域を設け、学内のどこからでもアクセスできるシステム環境の整備が予定されている。これにより、メールをはじめ、フロッピーディスクに入りきらない、大きなデータベースの取り扱いや画像を用いたマルチメディアコンテンツの作成なども可能となる。作成したデータはネットワーク上の自分のディレクトリに保存することで、バックアップもサーバ側で集中的に行い、データの喪失も予防可能である。以上の点からも今まで述べてきた Gigabit Network は非常に有効なものと考えられる。

VLAN に関しても、所属や要望に応じた適切なセグメントに配置するのはもとより、情報コンセントごとにセグメントを分ける方法だけでなく、パソコンの MAC(Media Access Control) アドレスによる方法も可能である。事前の MAC アドレスの登録が必要ではあるが、これは特に教員が自身の研究室で使用しているノートパソコンを教室で用いて授業を行うような場合に有効である。例えば、学内におけるいずれの情報コンセントに接続しても同じセグメントに配置されることにより、通常とまったく同じ環境を提供することを可能とし、学内におけるモバイルコンピューティングを実現する。従って、Gigabit Network を導入することにより、ネットワークは非常に自由度が高く、かつ高速なものとなる。今後はそのポテンシャルを活用した運用を行い、より高度なサービスが可能となると言える。

6. 結 論

本論文では、Gigabit Networkの基幹技術について概観し、その有効性、特に教育・研究環境に適用した場合について論述した。

参考文献

- [1] Terri Quinn-Andry + Kitty Haller, 「Designing Campus Networks」, Cisco Press, 1998
- [2] マルチメディア通信研究会, 「ギガビット・Ethernet教科書」, アスキー出版局, 1999
- [3] マルチメディア通信研究会, 「標準LAN教科書(上下)」, アスキー出版局, 1998
- [4] マルチメディア通信研究会, 「標準ATM教科書」, アスキー出版局, 1995