

大学における大規模 LAN の構築†

松 方 純††

本論文では、大規模な LAN の構築法について論じる。具体的な LAN の構築例として、東京大学工学部において構築されたキャンパス・ネットワーク（工学部 LAN）を取り上げ、大規模 LAN の構築におけるさまざまな問題点の分析を行う。LAN の方式上の距離的な制約から逃れ、トラフィックを局所化するためには、LAN 全体を支線に分割し、支線間を適当な方式で結合することが考えられる。工学部 LAN では、IEEE 802.3 10BASE5（イーサネット）方式の支線ネットワークを、光ファイバを媒体とする高速な幹線ネットワークによって相互に結合する階層構成を採用している。支線間の結合は、MAC ブリッジ方式のため、上位のプロトコルに対する制約がなく、TCP/IP, XNS, OSI など各種のプロトコル体系の併用が可能である。上位プロトコルは、TCP/IP プロトコル体系を当面の標準とすることにより、パーソナル・コンピュータ、ワークステーション、メインフレーム、スーパーコンピュータなど広い範囲の計算機間の仮想端末、ファイル転送による相互接続を実現した。大規模な LAN では、線路、機器の配線配置が重要になってくる。現実起こった障害事例の分析の結果、適切な配線配置は、障害対策上も重要であることがわかった。

1. はじめに

大学内におけるデータ通信の重要性は、ますますたかまわっている。通信回線の需要がふえる一方、データ通信の形態も変化してきており、ホストコンピュータアクセスのみならず、コンピュータ間の通信がさかんになってきている。また、データ通信の高度な形であるコンピュータ・ネットワークのための伝送路に対する必要もでてきている。

従来の通話を対象とした設備では、このようなデータ通信需要の量的拡大と質的变化に対処しきれなくなっている。LAN（ローカル・エリア・ネットワーク）の導入は、有効な打開策と考えられる。

本論文では、大規模な LAN の構築法について論じる。具体的な LAN の構築例として、東京大学工学部において構築されたキャンパス・ネットワーク（工学部 LAN）を取り上げ、その概要について述べ、大規模な LAN の構築におけるさまざまな問題点について論じる。

2. 大学における大規模 LAN の構築上の問題点

大学において学部規模あるいは全学規模で LAN を導入し、いわゆる、キャンパス・ネットワークを実現する場合、多数の建物に跨る規模の大きなものになることが多い。大規模な LAN を実現する場合、次のこ

とが問題になる。

① 小規模 LAN の方式が必ずしもそのまま適用できない。

イーサネットをはじめとする LAN は、一般に、一本の高速の通信路を多数の機器で共用することにより、低いコストの高速なデータ通信手段を実現している。

大規模なネットワークでは、接続機器の数が多くなるため、一本の通信路からなる LAN では、トラフィック的に能力不足となる可能性が高い。また、ネットワークの寸法が、LAN の方式上の距離的な限界を越える可能性がある。

② ネットワークの維持管理の考慮

大規模な LAN は、管理の態様が異なる複数の建物に設置されるため、障害対策について十分考慮する必要がある。

大規模な LAN の構築においては、次のことを考慮する必要がある。

① 伝送路の配線と機器の配置

② 通信方式（通信プロトコルを含む）

③ ネットワークの利用方式

④ データ転送能力

このうち、②、③については、比較的良好に検討されるが、①の配線配置の問題は、小規模な LAN においては、あまり重要ではないため、軽視されがちである。しかしながら、LAN の規模が大きくなるにつれ、障害対策上きわめて重大になってくる。本論文の第 11 章では、実際の障害事例にもとづき、配線配置のあり方について議論をしている。

† Construction of a LAN System in a University by JUN MATSUKATA (Computer Center, University of Tokyo).

†† 東京大学大型計算機センター

また、④のデータ転送能力については、計画時点では、見かけ上の転送速度の議論に偏りがちである。本論文の第 13 章では、実際の応用における転送速度について論じている。

本論文における議論は、大学における LAN に限定されるわけではない。特に大学において特徴的と思われることは、次のとおりである。

大学においては、研究、教育、事務など多様な活動が行われており、LAN は、それらに対応できるものである必要がある。とくに、研究に関連しては、多種多様な機器が使われており、LAN と接続する可能性がある。したがって、事情が許すならば、通信方式にできるだけ制約がない方が望ましい。直接接続できない場合でも、ゲートウェイなどによって接続可能であることが望ましい。

3. 東京大学工学部 LAN

東京大学工学部では、増大するデータ通信の需要に対処するために、1986 年度にデータ通信設備の構築を行い、1987 年 3 月に完成した。工学部 LAN とよばれているこの設備は、将来的に全学規模の LAN の一部になるものと位置づけられている。

工学部 LAN は、次のような特徴をもったネットワークである。

(1) 階層構成による大規模 LAN

光ファイバ・ケーブルを利用したリング型ネットワークである幹線ネットワークと、それに接続する多数の IEEE 802.3 10BASE 5¹⁾ 準拠の 10 Mbps ベースバンド方式(イーサネット方式)の支線ネットワークからなる階層構成になっている。ユーザの機器は、すべて支線ネットワークに接続される。

(2) 異機種間接続の実現

異機種間接続を実現するための標準とするプロトコル(ネットワーク・アーキテクチャ)として、TCP/IP^{2),3)}を採用し、ターミナルサーバ、パソコン、ワークステーション、スーパーミニコン、メインフレーム、スーパーコンピュータなどの異機種間での仮想端末、ファイル転送を実現している。

(3) MAC サブレイヤより上位のプロトコルに依存しない幹線ネットワークの機能

幹線ネットワークの機能は、支線ネットワークの間を結ぶ MAC ブリッジであり、MAC (Media Access Control) サブレイヤより上のプロトコルに依存しないようになっている。したがって、標準としている

TCP/IP 以外の XNS, DECNET, OSI 系などのプロトコル(ネットワーク・アーキテクチャ)の利用も可能である。

(4) LAN へのホストコンピュータの直接接続

ホストコンピュータの接続に、チャンネル接続のイーサネット接続装置による直接接続を推進した。大型計算機センターの主システムとも直接接続を実現した。

(5) OSI 移行の配慮

将来的には、OSI 系のプロトコルが普及し、TCP/IP と置き換わることが予想されるが、OSI 系のプロトコルの併用が可能なので、円滑に移行することができる。

4. 従来のデータ通信状況

コンピュータが大学における研究者にとって道具として普及するにつれ、学内のホストコンピュータに端末を接続するための通信回線の需要が増大した。その上、そのような通信に要求される速度、および、質も変わってきた。はじめのころは、ダイヤルアップの構内回線上を 300 bps モデムが使われていたが、今日では、1200 bps や 2400 bps のモデムが多く使われている。専用線を利用した 9600 bps の接続の人気は高い。

スクリーンエディタを使用するのには、速い回線(1200 bps でどうにかがまんできる、満足な使用には、少なくとも 9600 bps 必要)が必要である。図形や画像の表示にも、高速かつ回線品質のよい通信が必要である。

パーソナルコンピュータがコンピュータ端末として広く使われるようになるにつれ、高速かつ信頼性の高いファイル転送の需要も高まっている。Kermit のようなプログラムは、そのような要求をある程度満たす。しかしながら、データ転送の速度が回線速度により制限されるため、フロッピーディスク装置のような低速の部類に属するような 2 次記憶装置よりも一桁遅い。

電話の設備は、音声通信のために計画されたものなので、電話回線の本数は、データ通信の要求を満たすには、不足しがちである。壁が厚くて硬い古い建物の電話回線を増設することは、たやすいことではない。それに、たとえ十分な本数の回線があったとしても、従来の方式によるかぎり、電話回線上のデータ通信の速度は、遅い。

5. 工学部 LAN の構成

工学部 LAN は、幹線ネットワークと、それに接続されている支線ネットワークの階層構成になっている (図 1)。

幹線ネットワークは、伝送媒体に光ファイバケーブルを使用したリング型のネットワークであり、東芝の TOTAL-LAN/RINGTM という製品を使用している。

以下に幹線ネットワークの仕様を示す。

- 伝送媒体 光ファイバケーブル
- 伝送速度 100 Mbps
- 通信方式 マルチチャネル時分割多重方式 (100 Mbps を 10 Mbps のチャンネル 10 個に時分割)

- ノード数 最大 64 台
- ノード間距離 最大 4 km
- ケーブル総延長 最大 100 km
- 支線 LAN 接続数 最大 128 本 (ノードあたり 2 本)
- 支線 LAN 接続方式 MAC ブリッジ方式
- ルーティング方式 汎用アドレス変換方式 (Generic Routing 方式)

幹線ネットワークのノードは、LST (Loop Station) と称し、1 台あたり 2 本の支線を接続することができる。

支線ネットワークは、IEEE 802.3 10 BASE 5 準拠の 10 Mbps ベースバンド方式の LAN である。イーサネット (Ethernet) と互換性がある。伝送媒体は、同軸ケーブルである。

ユーザの機器は、支線ネットワークに接続される。パソコン、ターミナルサーバ、ミニコン、ワークステーション、メインフレームなどさまざまなコンピュータが接続される。

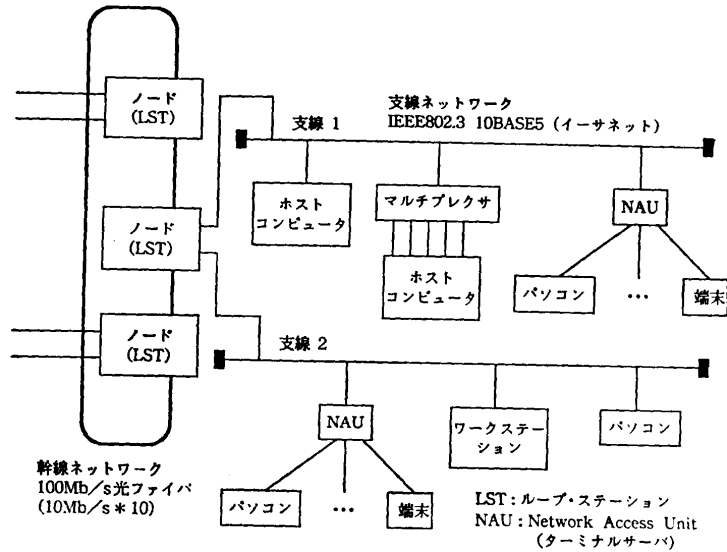


図 1 幹線ネットワークと支線ネットワーク
Fig. 1 The backbone network and branch networks.

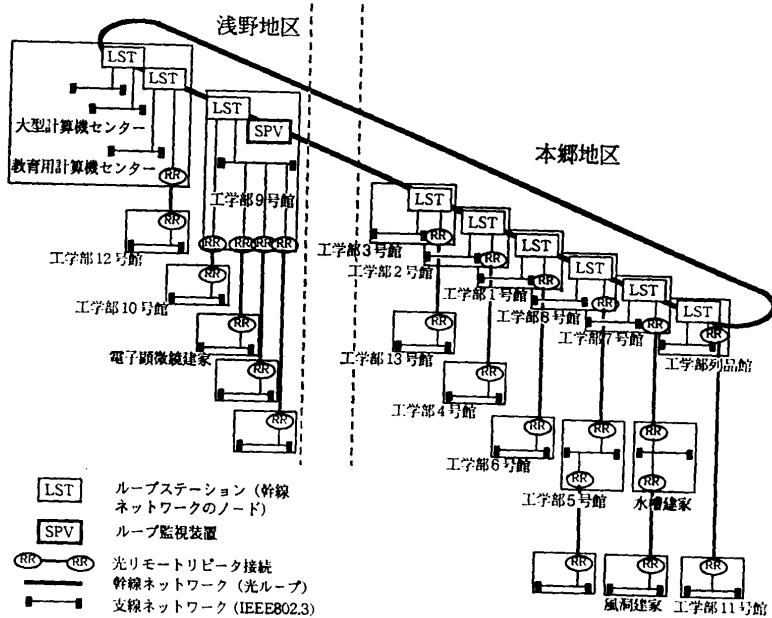


図 2 東京大学工学部 LAN 構成図
Fig. 2 Kogaku-bu LAN at the University of Tokyo.

図 2 に工学部 LAN の全体の構成を示す。

工学部の主要な建物に支線ネットワークが敷設されている。おおむね一つの建物に 1 本の支線ネットワークが敷設されている。支線ネットワークが建物を跨る

場合は、光ファイバケーブルを伝送媒体とする光リモートリピータが使用される。

幹線ネットワークのノードは、ノードあたり2本の支線ネットワークが収容されるので、およそ半数の建物に設置されている。ノードが設置されていない建物の支線は、光リモートリピータでノードと結ばれる。

建物間の配線は、かならず光ファイバケーブルを使用している。あとで述べるように、これは、雷や建物間の電位差などの影響を避けるのに有効である。

大型計算機センターおよび教育用計算機センターが設置されている建物にもノードが設置されており、両センターのホストコンピュータとの接続がはかられている。

6. 階層構成による大規模な LAN の構築

工学部 LAN では、幹線ネットワークを導入し、階層構成の LAN とすることにより、大規模な LAN を実現している。幹線ネットワークは、以下で説明するように、支線ネットワーク間を結ぶ結合装置の役目をする。

IEEE 802.3 準拠の 10 Mbps ベースバンド型のネットワークの大規模なネットワークを構築する場合、次のことが問題になる。

(1) 距離的な制約の解消

IEEE 802.3 準拠の 10 Mbps ベースバンド方式のネットワークでは、1セグメントの長さが最大 500 m に、セグメント間をリピータで接続した場合でも、機器間の最大距離が 2.5 km に抑えられる。

(2) トラフィックの局所化

ネットワークに送出されたパケットは、ネットワーク全体に伝播する。したがって、局所的なトラフィックがネットワーク全体に波及する。

大規模な LAN を構築するためには、トラフィックを局所化し、全体のスループットの向上をはかる必要がある。

CSMA/CD 方式のネットワークでは、トラフィックが増大するとネットワークの性能が著しく落ちてくるので、トラフィックを軽減することは重要である。

ネットワークを支線ネットワークに分割して、支線ネットワーク間をブリッジ（という装置）で結合することにより、距離的な制約の問題を解決することができる。パケットがいったんバッファ等に蓄積されるからである。

ネットワークの分割は、トラフィックの問題に対しても有効である。パケットを選択的に通すようなブリッジを使用することにより、トラフィックを局所化することができるからである。パケットを選択的に通すためのパケットのルーティングは、技術的に興味深い問題の一つである。

トラフィックが局所化され、パケットの行き先が限られることにより、副次的な効果として、セキュリティが向上する。

7. 幹線ネットワークの機能

工学部 LAN の幹線ネットワークは、ユーザの機器を直接接続できるようになっておらず、もっぱら、支線間を結合するブリッジの働きをする。ブリッジの方式は、ブリッジの機能が MAC サブレイヤより上位のプロトコルに依存しない、MAC ブリッジ方式を採用している。

支線間の結合装置の方式には、このほかにいろいろな方式のものがある。たとえば、ネットワーク・レイヤで支線間を結合するルータと称するものがあるが、それでは、LAN 全体で使用できるネットワーク・プロトコルが特定のものに限定されてしまう。

MAC ブリッジ方式は、MAC サブレイヤのパケットを支線から支線へ転送するという方式である。したがって、どんな種類の上位のプロトコルのパケットでも転送されるので、ブリッジの機能が、MAC サブレイヤより上位のプロトコルに依存しないという特長がある。世の中で使われている各種のプロトコル体系の共通部分が、MAC サブレイヤから下であるという事情を反映している。

MAC ブリッジ方式の採用により、幹線ネットワークによる支線ネットワークの結合を、意識する必要がなくなる。

幹線ネットワークは、ブリッジの働きをするにあたって、パケットを選択的に通す。宛先アドレスとして指定されている機器が存在する支線ネットワークにだけパケットを転送するのである。ただし、ブロードキャストのパケットは、すべての支線ネットワークに転送する。また、宛先の機器が、発信元の機器と同じ支線ネットワークにある場合は、どこにも転送しない。

このような機能を実現するためのルーティング方式は、TOTAL-LAN/RING 独自の汎用ルーティング方式 (Generic Routing Scheme)⁹⁾と呼ばれるルーティング方式が使用されている。この方式では、MAC ア

ドレスに対する制約がないように、幹線ネットワークの各ノードにおけるルーティング情報が、自動的に学習されるようになっている。

ルーティング方式の中には、処理を簡単にするために、MAC アドレスに支線ネットワークの番号が埋め込まれていることを仮定する方式があるが、LAN のインタフェースの中には、MAC アドレスを自由に変更しにくいものもあり、具合が悪い。また、機器を別の支線につなぎ変えたときに MAC アドレスを変更しなければならない。

汎用ルーティング方式におけるルーティング情報の自動学習は、幹線ネットワークのノードのルーティング・テーブルの更新を、そのノードにつながっている支線ネットワークのパケットの発信元のアドレスおよび他のノードからきた幹線ネットワーク上のパケット上の情報にもとづいて行うことにより実現している。

8. 機器の接続

工学部 LAN への機器の接続は、次のような形態がある (図 1)。

8.1 NAU による接続

NAU (Network Access Unit: ターミナル・サーバのこと) は、端末を LAN に接続するための装置であり、あとで述べるように、telnet プロトコルにより、ホストコンピュータ等にアクセスすることができる。

端末を接続するためのインタフェースは、RS 232 C

準拠である。

8.2 ACB による接続

ACB (Access Control Board: イーサネット・インタフェースのこと) は、コンピュータのチャンネルやバスに直接接続することができるネットワークのインタフェースである。TCP/IP プロトコルがサポートされていれば、telnet プロトコルにより、NAU との通信が可能である。ACB 接続により、ファイル転送をはじめ、さまざまなネットワークの応用が利用可能になる。

9. 異機種間接続の実現

工学部 LAN では、TCP/IP プロトコルを標準として採用した。その結果、図 3 に示すように、広い範囲の異機種間接続が実現した。異機種間接続で実現された応用レベルのサービスは、主に仮想端末 (リモートログオン) とファイル転送である。

TCP/IP の強みは、多くのシステムでネットワークとの間の接続を ACB (イーサネット・インタフェース) によるものに一本化できることである。ACB のためのソフトウェアが、TCP/IP をサポートしている場合が多いからである。

TCP/IP 以外のプロトコルの場合、サポートしているシステムが少なく、RS 232 C 接続になることが多く、仮想端末機能しか実現できない場合が多い。

仮想端末は、telnet プロトコルにもとづく。NAU に端末を接続することにより、その端末を使って、各

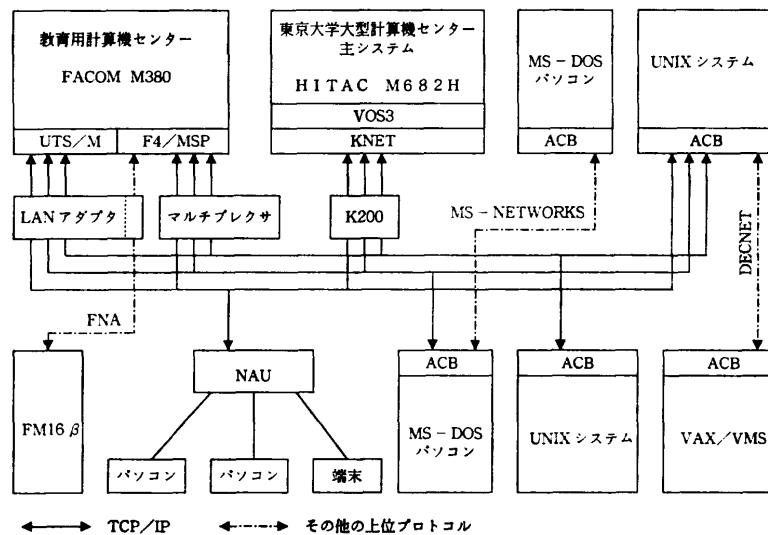


図 3 異機種間接続

Fig. 3 Connections between heterogeneous computers.

ホストコンピュータや、ワークステーションなどにリモートログオンすることが可能である。

ファイル転送は、ftp プロトコルにもとづき、ACB を内蔵したコンピュータの間で実現される。MS-DOS のパソコンや大型計算機センターの主システム(K 200 が ACB に相当する)とも ftp によるファイル転送ができる。

UNIX システム間では、smtp や NFS など他のいろいろなネットワーク上の応用が利用できることはいうまでもない。

10. ホスト・コンピュータとの接続

工学部 LAN では、ホストコンピュータとの接続は、前述の ACB 接続に相当するチャンネル接続のイーサネット接続装置による直接接続を、ホストコンピュータ側の協力を得ながら推進した。その結果、主なホストコンピュータとの直接接続が実現している。

10.1 接続方式

ホストコンピュータの接続方式としては、次のような方式が考えられる(図 4)。現在、工学部 LAN で、実際に使用しているのは、このうち、マルチプレクサ接続と直接接続である。

(1) マルチプレクサ方式

ホストコンピュータをマルチプレクサを介して接続する方式である。ホストコンピュータとマルチプレクサの間の回線は、多重化されていない。マルチプレクサは、NAU の一種で、ホストコンピュータに対する呼び出しを受けるのに使うためのものである。実際には、マルチプレクサとして、NAU と同じ製品を使うことが多い。

(2) X.25 接続

X.25 ゲートウェイ装置を介してホストコンピュータと 1本の X.25 回線で接続する方式である。

(3) 直接接続

ホストコンピュータのチャンネルやバスにイーサネット・インタフェース装置を直接接続する方式である。

10.2 大型計算機センターシステムの接続

大型計算機センターの主システムに関しては、工学部 LAN 構築の一環として、イーサネット・チャンネル接続装置および TCP/IP 用のソフトウェア(米国フェアロックス社 K 200 および KNET VOS3 ソフトウェア)を導入した。

K 200 は、主システムを構成する 4つの大型機のうちの一機のブロック・マルチプレクサ・チャンネルに接

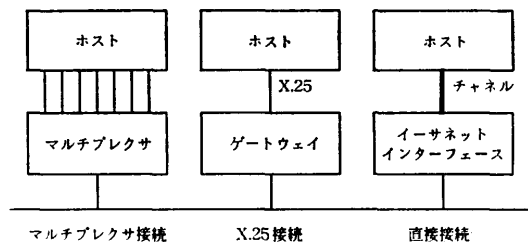


図 4 ホストコンピュータの接続方式
Fig. 4 Host computer connection.

続した。

KNET VOS3 は、K 200 のドライバ、TCP/IP のソフトウェア、telnet および ftp のサーバおよびクライアントからなる。また、電子メール用の smtp も提供される予定になっている。イーサネット上のワークステーション等と大型機の間でいずれの方向のリモートログオン、ファイル転送も可能になる。ただし、大型機では、半二重的な操作しかできないので、UNIX システムなど、全二重端末を接続して使用するのが普通であるシステムの大型機からの利用には、必然的に制約がある。

直接接続の大きな利点は、外部のコンピュータと高速なファイル転送ができることになったことである。高速のワークステーションとなら 100 kB/s 程度の転送速度でファイル転送が可能である。これまで、外部のコンピュータとの間のファイル転送は、9600 bps 程度の速度の通信回線を使って行うことが多かったので、大幅な改善である。

10.3 Telnet の使いがっての改善の試み

UNIX システムから大型機を使いに行ったとき、かならずしも、動作が芳しくなく、4.3 BSD の telnet クライアントを次のように改良したものを著者自身で試作した。

(1) 制御文字を 1文字入力するだけでブレークが発生するようにした。(UNIX システムでの telnet コマンドの仕様が、ブレークを送るのに不慣れた仕様であった。)

(2) パスワードを入力する際に、文字の表示を抑制した。(入力したパスワードが端末に表示された。)

(3) UNIX システム側で、一文字消去などの操作を行うようにした。

その結果、telnet クライアントの使い勝手の改善が可能であるという見通しを得た。このことは、UNIX システム上のみならず、ターミナルサーバやパソコン

などからの使いがっての改善にも応用することができる。

11. 配線配置

配線配置は、大規模な LAN において、運用、特に、障害対策の上で、きわめて重要な問題である。

11.1 伝送媒体の種類

LAN で使用される伝送媒体の種類には、より線対、同軸ケーブル、光ファイバケーブルなどがある。

すでに述べているように、工学部 LAN の場合、幹線ネットワークおよび光リモトリピータは、光ファイバケーブルを、支線ネットワークは、同軸ケーブルを使用している。建物間の配線には、光ファイバケーブルが使用されているが、電氣的に絶縁性のある媒体なので、雷の影響を受けないこと、建物間の電位差によって引き起こされるトラブルを回避できることなどのメリットがある。

11.2 配線形状

配線形状は、障害の切り分けや不良箇所の切り離しに関係する。一線状の配線形状では、障害の切り分けをする際に、配線に沿って移動する必要がある。スター状ならば、一箇所にとどまって障害の切り分けや不良箇所の切り離しが可能である。

イーサネットのようなバス型の LAN の配線形状は、一線状あるいは、トリー状だけとかぎらない (図 5)。たとえば、花紋型に配線すれば、区間単位の障害の切り分けや不良区間の切り離しが可能になる。

工学部 LAN の幹線ネットワークは、ノードは、ループ状に接続されているが、上下方向の光ファイバが並行しているの、配線の形状としては一線状と考えた方がいいかもしれない。

11.3 ノードの設置場所

ノードの設置場所は、点検や障害の処置の際に問題になる。遠隔操作や点検や障害の処置ができないかぎり、ノードの設置場所に向いて点検や障害の処置を行う必要がある。したがって、ノードは、障害対策要員がアクセスでき、容易に見つけることができる場所に設置するべきである。また、ノードの設置場所の記録を整備しておくことも重要である。

工学部 LAN の場合、幹線ネットワークは、ノードの位置が、はっきりしており、またノード数が比較的少なく、遠隔操作による点検が可能である。支線ネットワークの方は、多数のノード、すなわち、トランシーバが設置される可能性がある。工学部 LAN の標

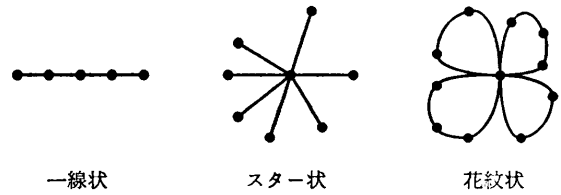


図 5 LAN における配線形状
Fig. 5 Cabling topologies of LANs.

準的な敷設方法では、支線ネットワークの同軸ケーブルは、廊下に配線されており、部屋の中には引き込まれない。トランシーバは、廊下の壁に取り付けられた台の上に設置される。障害対策を考慮した配線といえる。

11.4 ノードの集約

ノードを集約して、ノードの設置箇所を少なくすることは、障害対策上有利な場合がある。

イーサネット方式の LAN では、機器が集まっているところでは、マルチポート・トランシーバを使用することにより、ケーブルに直接取り付けられるトランシーバの数を減らすことができる。

11.5 障害事故の実例

ここでは、著者が実際に体験したイーサネットにおける障害事故について述べる。この実例は、配線配置がいかに障害対策上重要であるかを物語っている。

障害事故は、近所への落雷と同時に、大型計算機センター内のイーサネットが機能しなくなるというものであった。調査の結果、イーサネット上の半数以上のトランシーバが故障しており、そのためにイーサネットがショートしていたことが判明した。ケーブルや機器の配線が焼けたり融けていたりする箇所が発見されなかったの、高電圧の誘起による被害と思われる。

事故の処置は、次のように行われた。まず、障害箇所を切り分けるために、ケーブルの分割を行った。コネクタで接続されている箇所があったので、そこで分割した。その結果、障害のある区間が判明した。そこで、障害のある区間のトランシーバを取り外してまわった。その区間の機能が回復するまでトランシーバを取り外し続けた結果、故障しているトランシーバが見つかった。それまでに取り外したものについても調べてみたところ、およそ半数のトランシーバが故障していることが判明した。トランシーバが故障した箇所のうちで急いで復旧する必要があった箇所には、予備のトランシーバを使ったり、故障をまぬがれたトランシーバを振り替えて使った。事故発生時から仮復旧ま

でおよそ6時間費やした。

障害のあった区間のケーブルには、全部でおよそ10個のトランシーバが、広い建物の方々の部屋の中に設置されていた。なかには、正確な設置場所がわからず、探すのに相当に時間を要したのもあった。障害対策を考慮した配線に改善するのを感じた。

ケーブルへの取り付け部分と回路部分に分離できるトランシーバは、あとで取り付ける時のことを考えて、回路部分だけを取り外すようにした。ケーブルへの取り付けは、手間がかかるうえに、ネットワークの障害が発生しやすい作業だからである。

被害にあったイーサネットの特殊性としては、ケーブルが少し離れた工学部の建物に延長されていたことがあげられる。雷によって建物間に高電圧が誘起されたのが原因ならば、建物間を光ファイバケーブルで接続することにより事故を回避することができた。ちなみに、工学部 LAN は、そのとき特に被害がなかったようである。

その後、工学部の建物との間をイーサネット・ケーブルでつないでいたのをやめて、工学部 LAN 経由に変更した。そのため、一度に多数のトランシーバが壊れるような事故が再発するとは思えないが、トランシーバの取り付け不良による障害は、比較的よく発生するので、上で述べたのと同様の作業が発生する可能性は十分ある。

障害対策を考慮して、被害にあったイーサネットの配線は、次のように改善するべきであると考えた。

- (1) 障害箇所の切り分けのために、ネットワークを容易に分割できるようにする。
- (2) 障害箇所をバイパスできるようにする。
- (3) トランシーバの設置場所を配慮する。

12. 運用管理について

12.1 運用管理用の機能

工学部 LAN には、運用管理を容易にするための機能がいくつかある。

幹線ネットワークには、運用監視用の機能があり、ネットワークの構成の変更、診断、動作の監視、二重系の制御などを行うことができる。

支線ネットワークに関しては、ネットワーク中の NAU の構成定義、システムプログラムのロードなどを一台の管理用装置で行うことができるようになって

いる。

12.2 アドレスの管理

工学部 LAN では、MAC アドレス（イーサネット・アドレス）と、IP アドレスの管理を必要とする。

MAC アドレスは、幹線ネットワークによる制約を受けないので、工場出荷時の設定のままでよいことが多い。再設定する場合は、重複しないように注意する必要がある。

IP アドレスは、工学部 LAN で標準として使用している、TCP/IP の IP レイアのアドレスである。

IP アドレスは、ネットワーク間結合を前提としているので、広域ネットワーク、他大学の LAN、海外のネットワークなどとの接続を考慮して番号を割り当てることが望ましい。

13. 転送速度

ネットワークの能力が適正かどうかは、どういう応用を想定するかによって変わってくる。応用によって要求される能力が異なるからである。たとえば、ホストコンピュータの会話的な利用のためなら、10 kbps 程度あれば十分である。しかしながら、CPU とメインメモリの間のデータ転送のためには、イーサネットの能力をはるかに上回るデータ転送能力が必要となる。

ここでは、工学部 LAN が、計算機間のファイル転送のために十分な能力を備えているかどうか検討してみる。

ファイル転送の速度は、ネットワークの能力だけで決まるものではなく、コンピュータ側の能力不足で速度が抑えられることが少なくない。

次の表は、イーサネットを介してファイル転送を行ったときのデータ転送速度の目安である。ただし、イーサネットのトラフィックが十分低いものとする。参考のために、ファイルのコピーの速度の数値も示す。

| | |
|----------------|-------------|
| ファイル転送（イーサネット） | |
| WS → PC（フロッピー） | 10 kB/s |
| WS → メーンフレーム | 70-150 kB/s |
| WS → WS | 30-180 kB/s |
| ファイル・コピー | |
| メーンフレーム | 200 kB/s |
| WS | 30-180 kB/s |

WS: ワークステーション

PC: パソコン（インタフェース内蔵）

処理速度の高いワークステーション同士では、200 kB/s 近い速度でファイル転送ができる。これは、メインフレームの大型機の上で、ユーザが、データセット・コピーのコマンドを用いて行うファイル・コピーの速度とそう変わらない。

イーサネット上でのファイル転送の速度は、ファイル・コピーの速度とあまり変わらないようである。したがって、現状では、イーサネットは、高機能ワークステーション・クラスのコンピュータ間でファイル転送を行うのに十分な能力があるといえる。

しかしながら、200 kB/s クラスのデータ転送は、イーサネットの能力からするとかなり重い負荷である。このようなデータ転送が、頻繁に行われると、このデータ転送速度を維持することができなくなるものと思われる。

ファイル転送量が多かったり、ファイル転送速度に対する要求がこれ以上きびしくなれば、イーサネットでは能力不足で、もっと高速な LAN が必要になる。

将来的には、高速な計算機は、規格化が進められている FDDI のような高速な LAN に直接接続されることになる。その際、高速な LAN と、イーサネットの間が、ユーザにとって「継ぎ目がみえない」ようなやり方で接続されることが望まれる。

14. 現 状

1987年10月現在で、工学部 LAN が稼働を開始してから6か経過しているが、すでに、NAU (ターミナルサーバ) が70台以上、パソコン (ネットワーク・インタフェース内蔵) が30台以上、ワークステーションが15台以上、計115台以上の機器が接続されている。

工学部 LAN で目標としている1000台には、まだほど遠いものの、研究室規模の LAN の域をはるかに超えて、学部規模の LAN らしくなっている。

コンピュータネットワークらしい使い方として、工学部 LAN を通してワークステーションの間でファイルシステムの共有が行われていることがあげられる。同じ研究室のワークステーション同士のことが多いが、研究室の間で、共通に利用するデータのはいつているファイルシステムを共有することも行われている。

別の建物にあるワークステーションとファイルシステムを共有することもできる。したがって、研究室の部屋が2つ以上の建物に分かれていたり、教官室と研

究室のある建物が違ったりしても、研究室内のワークステーションを一体にして運用することが可能である。

工学部 LAN は、幹線ネットワークの存在を一切気にしないで使用することができる。ファイル転送を行っても、幹線ネットワークを通したための転送速度の低下の徴候はない。

15. おわりに

本論文では、具体的な LAN の例として、東京大学の工学部 LAN をとりあげ、大規模な LAN の構築法について論じた。大規模な LAN では、小規模な LAN ではあまり問題にならないようなことが問題になってくる。ネットワークの構成自体も幹線ネットワークの導入にみられるように、規模に対する対応工夫が必要である。また、配線や機器の配置のような小規模なネットワークではあまり問題にはならないことが重大な問題になってくる。

大規模な LAN の構成法としては、工学部 LAN では、IEEE 802.3 準拠の支線ネットワークを光ファイバケーブルを使用した幹線ネットワークによって結合するという階層構成により、大規模な LAN を実現している。幹線ネットワークによる支線ネットワークの結合方式は、MACブリッジ方式のため、MACサブレイアより上のプロトコルに依存しない。そのため、TCP/IP、XNS、OSI など各種のプロトコルが利用できる。大学における多様な要求にこたえることができる。

配線および機器の配置は、小規模な LAN では、あまり問題にならないが、大規模な LAN においては障害対策上きわめて重大である。

大規模な LAN では、ネットワークの障害対策の観点から、障害箇所の切り分け、障害箇所のバイパス、点検修理を考慮しなければならない。障害対策を考慮すると、イーサネットのようなバス型の LAN でも、配線形状は、一線状よりも、部分的にループになるような形状 (花紋状) の配線が望ましい。

小規模な LAN では、LAN の媒体を部屋の中に張り巡らすことが多いが、トランシーバの設置場所がわかりにくかったり、部屋の鍵がしまっていたりして修理点検の妨げになりうる。大規模な LAN では、部屋の中に同軸を引き込むならば、部屋単位でのネットワークの切り離しを可能にするなど、障害対策上の工夫を行うべきである。

ネットワーク方式の評価のために、ファイル転送速度などの測定を行った。ネットワークを介したファイル転送の速度は、同一コンピュータ内のファイル複写の速度とあまり変わらないことがわかった。その結果、イーサネットは、現時点では、ファイル転送を行うのに十分なデータ転送能力があることがわかった。将来的には、もっと高速な LAN を併用することが必要になってくる。

また、幹線ネットワークの影響は、ファイル転送速度など通常の操作に関してはみられない。短時間にきわめて多数のパケットが集中した場合に若干影響が観測されるが、ファイル転送速度などに対する実質的な影響しない性質のもののである。

上位のプロトコルとして TCP/IP 体系を当面の標準とすることにより、仮想端末、ファイル転送などのアプリケーションについて、広い範囲の異機種間接続が実現した。また、いろいろな通信形態が共通の基盤の上で実現されるようになった。たとえば、端末からホストコンピュータをアクセスする場合でも、ワークステーションからアクセスする場合でも、どちらも telnet を使い、ホストに接続されている同じ LAN インタフェース装置を通してアクセスが行われる。このことは、非常にメリットがあるように思われる。ワークステーションに関する改善の努力が、接続方式が共通のため端末による使用に関する改善につながる可能性が出てくるからである。

ネットワーク・アプリケーションのインプリメンテーションは、操作性に影響してくる。現状の TCP/IP の仮想端末のプロトコルである telnet のインプリメンテーションが、ワークステーション上のクライアント側の改造により、大型機のアクセスに関する操作性を改善することができた。この結果は、ターミナルサーバ等の他の telnet クライアントに適用可能である。

工学部 LAN は、利用が開始されて1年程度である。今のところ、トラフィック的には、十分余裕があるようである。トラフィックが増大した場合の対策は、興味深い問題である。対策は、支線ネットワークの分割が基本と考えられる。ブロードキャスト・パケット (MAC 層) は、ネットワーク全体に伝播するようになっているので、将来、ブロードキャスト・パケットの伝播を局所化することが必要になるかもしれない。その場合、支線間の結合に、上位プロトコルを意識する必要がある。

備考 工学部 LAN の構造は、東京大学高速計算機委員会・光ケーブル技術小委員会による「構内データ通信に関する調査報告書—UTLAN の提案—」(昭和58年2月)にその原型を見いだすことができる。同報告書が提案している UTLAN (University of Tokyo Local Area Network) 構想は、光ループ方式の幹線ネットワークによって、多くの支線ネットワークを結合する階層型の LAN の構想であった。しかし、同構想では、支線間の結合方式について明確にしていない。ちなみに、同構想の立案は、当時の東京大学工学部の小山健夫教授、斉藤忠夫助教授 (現在、同教授)、鈴木則久助教授 (現在、日本 IBM)、浅野正一郎助教授 (現在、学術情報センター教授)、大型計算機センターの石田晴久教授らによる。

工学部 LAN の構築は、工学部計算機委員会 LAN 設置小委員会 (委員長 小山健夫教授) によって推進された。実施計画は、同小委員会のもの作業グループによって検討された。詳細設計および設置は、(株)東芝が行った。

謝辞 本論文の構想をまとめる上で、上記作業グループ等における議論は貴重であった。東京大学工学部小山健夫教授、斉藤忠夫教授、原島博助教授、広瀬通孝助教授、学術情報センター浅野正一郎教授をはじめ関係諸氏に感謝します。また、有益な助言をいただいた大型計算機センター村井純助手、資料を提供していただいた工学部オンライン計算機センター、(株)東芝に感謝します。

最後に、日頃からお世話になっている大型計算機センターの皆様感謝します。

参 考 文 献

- 1) Stallings, W.: *Handbook of Computer-Communications Standards*, Vol. 2: Local Network Standards, MacMillan (1987).
- 2) Postel, J.: Internetwork Protocol Approaches, *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-28, pp. 604-611 (1980).
- 3) Stallings, W.: *Handbook of Computer-Communications Standards*, Vol. 3: The Department of Defense (DOD) Standards, MacMillan (1987).
- 4) 川端, 佐野, 滝本: バス型ネットワークを結び 100 M ビット/秒のリング型光ローカル・ネットワーク, 日経エレクトロニクス, 1983. 12. 5, pp. 173-199 (1983).
- 5) Kuniyoshi, K., Konishi, K. and Yazaki, N.: Generic Routing Method of TOTAL-LAN RING, *Proceedings of International Work-*

shop on Industrial Automation Systems,
Tokyo (Feb. 1987).

- 6) 東京大学高速計算機委員会光ケーブル技術小委員会：構内データ通信に関する調査報告書—UTLAN の提案—(昭和 58 年 2 月) (1983).

(昭和 63 年 4 月 8 日受付)

(昭和 63 年 11 月 14 日採録)



松方 純 (正会員)

昭和 32 年生。昭和 54 年東京大学教養学部基礎科学科卒業。東京大学工学系研究科情報工学専門課程を経て、昭和 59 年より東京大学大型計算機センター助手。現在、分散処理、電子メール・ネットワークなどの研究・開発に従事。人工知能、プログラミング・システム、プログラム変換、オペレーティング・システム、コンピュータ・ネットワーク、文書処理などに興味をもっている。電子情報通信学会、日本ソフトウェア科学会、ACM、IEEE 各会員。