

東京大学工学部における TCP / IP · LAN の概要

池田 豊

株式会社 東芝 コンピュータ事業部

異機種コンピュータ間相互接続の実現には、接続される全ての機器で共通な統一プロトコルの設定と、そのプロトコルの透過性を保証する伝送路ネットワークが必要となる。東京大学工学部では、Ethernet型支線LANと、それをブリッジする光ファイバーのリング型幹線LANを併用した階層構造型ネットワーク・システムを構築し、米国国防総省規定のTCP/IPを工学部内統一プロトコルとして採用した。このTCP/IPを実現する各種アダプターの適用とプロトコルに依存しないリングのルーティング方式によって、学部内に散在する各種コンピュータ、ワークステーション、端末等多くの異機種装置間で、TELNET, FTPといったアプリケーション・レベルでの自由な、かつ高速なる相互通信を実現している。

THE LAN SYSTEM WITH TCP/IP IN THE UNIVERSITY OF TOKYO

Yutaka IKEDA

Computer Division, TOSHIBA CORPORATION

1-1-1, Shibaura, Minato-ku, Tokyo 105, Japan

To realize inter-connection among the heterogeneous computers, it is required to define a single common protocol on them, and also to ensure the transparency of the network to pass such a protocol through the transmission line. The LAN system installed in the Faculty of Engineering, the University of Tokyo, has a hierarchical structured networks which are composed of bus-type LANs (Ethernet) and an optical fiber ring having bridge function. And a TCP/IP, protocol enacted by the U.S. Department of Defence is incorporated into these LAN system. With various TCP/IP adapters and transparent routing method on the ring, the LAN system enables to exchange information among hosts and terminals using TELNET and FTP.

1. はじめに

高速な構内データ通信路を提供するシステムとして、LANの有効性は広く認められる所である。近年このLAN上にマルチベンダ・システムを構築し、複数コンピュータ間でのインターオペラビリティを確保するといったニーズが顕在化し始めている。しかしながら、各種OSを持ったコンピュータ、端末等を繋ぎ、任意の機器間での通信、いわゆる異機種間相互接続を具体化するには、通信規約（プロトコル）の統一化が必須の要件となる。

現在、LAN用のプロトコルにはOSIのそれを始め、いくつか存在するが、アプリケーション・レベルまで含めた接続性が現実のものとして確保され、かつ実質的な標準プロトコルといえるものに米国国防総省で定められ、UNIXの世界で急速に広まったTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) がある。東京大学工学部LANシステムでは、リング型LANをMACブリッジとした大規模構成ネットワーク上にこのTCP/IPを統一プロトコルとして採用し、学部内に散在するホストコンピュータ、ワークステーション、パソコン等多彩な機器間での自由な通信を実現している。

2. ネットワークの構成と特徴

工学部LANは、本郷地区、浅野地区の学部内各号館、実験棟、大型計算機センターなど約20の建屋にある多数のワークステーション、端末、ホスト等を相互に接続するローカルエリア・ネットワーク・システムである。建屋内にはバス型の支線系LANを敷設し、これをリング型の幹線系LANで相互接続する階層構造型ネットワーク形態を採っている。ケーブルの総延長は支線、幹線合せて約13Kmに及ぶ。

支線系としては、IEEE802.3に準拠した同軸ケーブルの10Mbpsベースバンド方式バス型LAN (TOTAL-LAN/BUS-Ethernet) を使用し、ここにタップ型ランシバで各種機器を収容している。部分的に光リピータ (RR) を用い、別建屋までバスの距離を延ばしている所もある。一方、幹線系は、光ケーブルによる100Mbpsのリング型LAN (TOTAL-LAN/RING) を採用し、建屋をまたがって支線系LANを結合している。支線の収容はリング制御装置 (LST) により行われる。(図-1)

この様な階層構造型ネットワークでは、バス同士を結合するリング型LANにいくつかの要件が求められる。ひとつは、リング型LANを意識させずに支線 (Ethernet) 同士の自由な相互通信を保証することである。この時無駄なトラフィックが発生しない様、当該支線間でのみのデータ授受にローカライズできることが必要である。次に、異なる上位プロトコルによる通信の相乗りを可能とするトランスペアレンシーの確保である。OSI他Ethernetベースのメーカ・プロトコルの存在も無視する訳にはいかない。更に、ネットワークに参加する多数の機器の移設、増設に伴うアドレス管理上の制約を派生させないこともネットワーク運用上大切なポイントとなる。

工学部LANでは、MACブリッジ方式を持つリング型LANを採用し、その

ルーティングにおけるフィルタリング機能とアドレステーブルを自動的に更新するアドレス学習機能とによってこれら要件を満たしている。

浅野地区

本郷地区

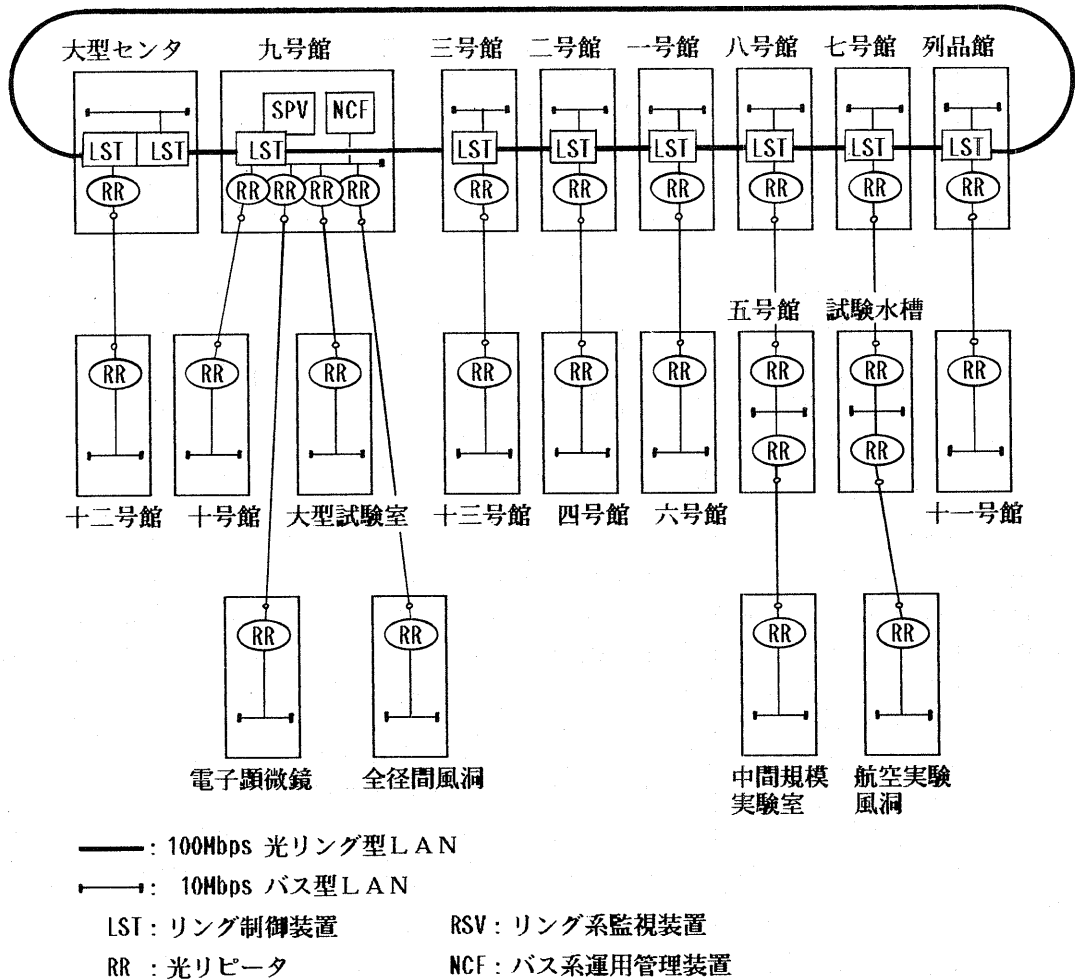


図-1 ネットワーク全体系統図

3. リング型LANにおける支線LAN接続方式

MACブリッジ方式

リング型LANであるTOTAL-LAN/RINGは、支線系のEthernet型LAN間をMACブリッジ方式で結合する。MACブリッジはIEEE 802.3 MACサブ層レベルで支線LAN同士の結合を実現するものであり、ネットワーク層以上のプロトコルに影響を受けないという特徴をもつ。従ってMACサブ層の整合さえ取れていれば、様々なネットワーク・アーキテクチャによる伝送路の共用が可能となる。(図-2)

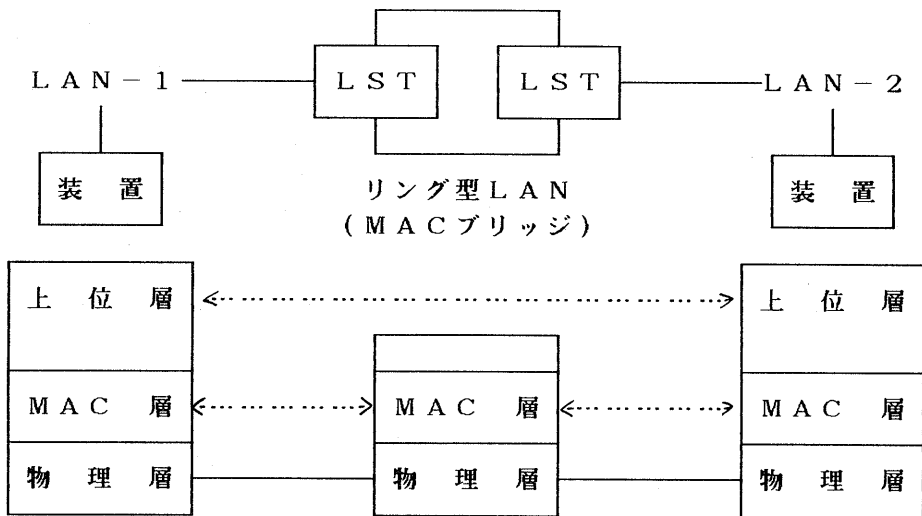


図-2 MACブリッジ方式

ルーティング方式

幹線系のリング型 LAN は、MACブリッジとして、発信元装置の在る支線系 LAN から受取ったパケットフレームを、MACアドレスを基に宛先装置の在る支線系 LAN に中継することを基本機能とするが、ここで、受信 MAC フレームのアドレスをチェックし、中継すべきか否かの判断を下して無用なトラフィックの発生を抑制するフィルタリング機能と、発信元 MAC アドレスにより管理テーブルを自動的に更新する学習機能を用いることで、コスト・パフォーマンスに優れ、運用的にもアドレス管理の楽なネットワークを実現している。

TOTAL-LAN/RINGではこのルーティング方式を汎用ルーティング (Generic Routing) 方式と称す。以下にその概略機能の説明を行う。

① MACアドレスの学習

ある機器からのパケットが初めてリングに到着した場合、そのパケットを全支線にブロードキャストする。このブロードキャスト・パケットを基に、各リングノード内のアドレス管理テーブルに発信元のリングノード・アドレスと MAC アドレスの対応関係を登録する。登録後は、この対応テーブルを参照して当該機器間での一対一通信が行われる。

② アドレス・テーブルの管理

アドレス・テーブルは、どのリング・ノードに何番の MAC アドレス機器が接続されているかを表わすテーブルであり、交信履歴に基づいて、利用頻度の高いアドレスから優先的に格納するといった登録、削除等の管理が行われる。テーブルには約 5000 台登録可能であるが、これを越える分に関してはブロードキャストにて通信される様になっており、運用上の制限は実質的でない。

③ バス、リング間アドレス変換

MACアドレスとリング・アドレスの変換は、アドレス・テーブルを参照することにより行われる。アドレスの検索には、ハッシュ法 (hashing method) と呼ばれるキー検索技法を用いて、高速の変換処理を実現している。

これら機能とMACアドレスのフラット管理体系により、既存の各種Ethernet準拠機器の、リングを介する接続に関する制約、及び人手によるアドレス管理の繁雑さが事実上取払われており、LANユーザにとってリングは意識しなくて良い存在となっている。

4. TCP/IPプロトコル

伝送路としてのLANに接続される各種機器の標準的通信プロトコルとして、工学部LANではTCP/IPを採用している。

TCP/IPは、ARPANETへの適用以来、4.2BSD系での標準的通信プロトコルとなっており、米国におけるLANの実質的標準として、多くの製品がサポートを行っていることと、大半のTCP/IP製品がTELNET (仮想端末)、FTP (ファイル転送) といったアプリケーション・レベルまで標準機能で実装しており、広範な機種間での相互接続が即実現できるという大きな利点がある。

工学部では、LANに接続する機器として、4種のホストコンピュータと、500台余りの端末、ワークステーション類を持つ。これらには、自身でTCP/IP環境を提供できる少数の機器と、アダプター等によりその環境を得る多くの機器とがある。表-1に工学部LANで使用されている主なTCP/IPアダプタを示す。

表-1

アダプタ名称	概 要	上位アプリ
KNET/K200 (米ファイブロニクス)	M-682H, 660KのBMCに接続され高速転送(2.5Mbps)を実現。 (元来はIBM用)。	TELNET, FTP & SMTP
PC-NIUN98 (アンガマンバス)	PC-9800用オプションボードであり、Ethernet直結可能。 XNSプロトコルも持つ。	TELNET & FTP
LNA-TCP/IP (東 芝)	Dumb端末用外付アダプタ。RS-232Cで4端末まで収容可。	TELNET

パソコンを含む多くの非同期・無手順系の端末に、簡易にTCP/IP, TELNET環境を提供する汎用アダプターとしてLNA-TCP/IPがある。このLNA-TCP/IPは、ターミナル・サーバの位置付けにてRS-232Cインタフェース機器を4台まで接続し、各々最大9600bpsの速度でそれら機器に前記プロトコルによる通信環境を提供するものである。なお、本アダプターは端末のみでなく、非TCP/IP環境のホスト・コンピュータにも適用可能である。ホストとの複数回線接続用に有効な空きポート自動選択機能等も用意され、利便性の向上が計られている。

LNA-TCP/IPのソフトウェア仕様は、他のTCP/IP製品同様DOD標準のRFC規定に準拠しており、簡易型ではあるが他製品との相互接続性は完全に保たれている。なお、本ソフトウェアはメモリ・カードに搭載されるためプロトコルの変更があったとしてもカードのソフトを換えるのみでよく、ハードウェアは継続的に使用可能となっている。

本装置のソフトウェア構造は概ね次の通り。(図-3)

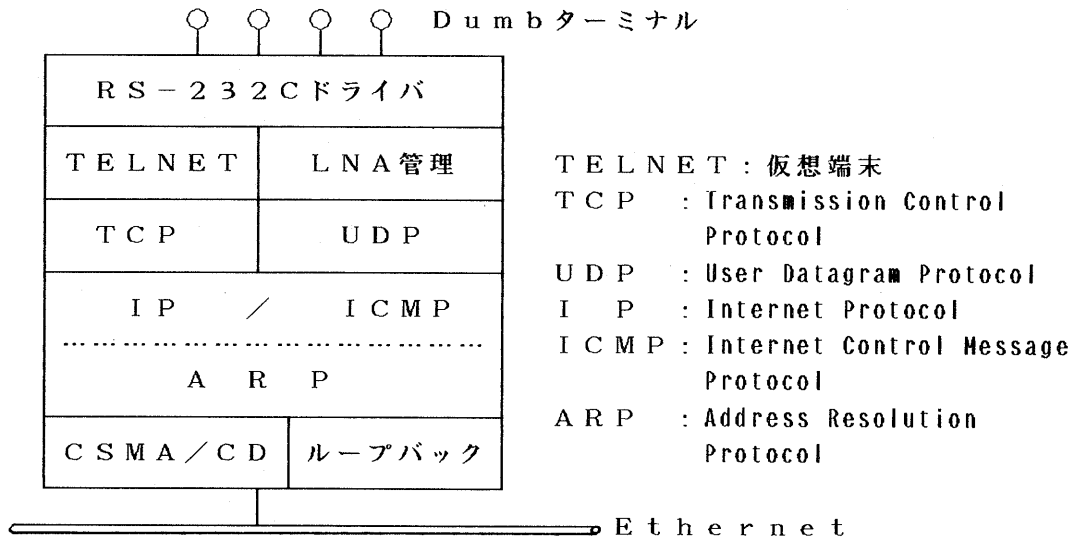


図-3 LNA-TCP/IPソフトウェア構造

ここで、ARPは、TCP/IPをLANの物理属性に適應させるために付加されたプロトコルであり、32bitのIPアドレスから48bitのMACアドレスを割出す機能を提供する。これを利用すると、求めるホストのIPアドレスのみ知っていれば、それがEthernet上のどこに物理的に接続されているか知らなくとも通信可能となる。

IPは、相互接続されたネットワークを経由して、発信元から送信先へ、コネクションレス型データ転送にてデータグラムを届けるネットワークレベル・プロトコルであり、ルーティングはネットワーク・アドレスとローカル・アドレスからなるIPアドレスにより行われる。

TCPは、順序制御、受信確認を行い、信頼性の高いホスト間通信を実現するためのコネクション型のエンド・エンド間プロトコル。ウィンドウによる流量制

御や複数プロセスにTCP通信機能を提供する多重化制御などの機能を持つ。

TELNETは、ネットワーク仮想端末機能（共通の端末イメージにより実際の端末毎の属性の差異を吸収）を持ち、一般的な双方向バイト通信機能を提供するプロトコル。主に端末とリモートプロセス（コンピュータ）間通信に使用されるが、端末間通信、プロセス間通信にも利用される。

その他、独自の機能として、LNA-TCP/IP内部折返し（RS-232Cポート間接続）のための疑似ドライバであるループバック・モジュール等がある。

工学部LANでは、UNIX系のスーパー・ミニコン、エンジニアリング・ワークステーション等TCP/IP環境機器と共に、前記各種アダプターを利用した機器群がTCP/IP統一プロトコルの下にTELNETによるTSSあるいはFTPによるファイル転送等の異機種間相互接続を実現している。（図-4）なお、伝送路としてのLANの共用の形で一部DECnet, MS-NETなどTCP/IP以外のプロトコルも利用されている。

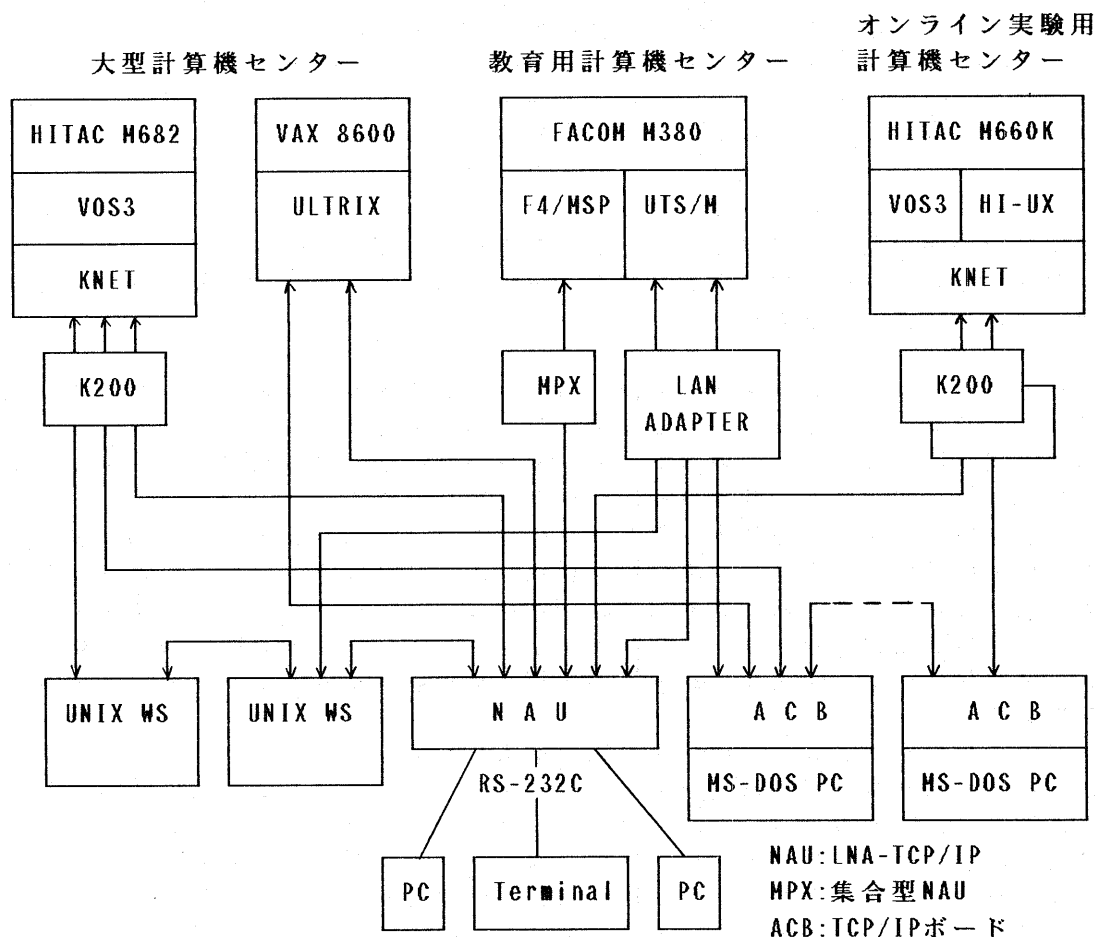


図-4 工学部LANの異機種接続形態

5. ネットワーク管理

ネットワーク規模が大きくなると、運用・保守といったネットワークの維持・管理の面で様々な問題が出てくる。特に工学部LANの様に、多種類で多数の端末が学部内の様々な利用者により使われ、しかも、それ等の移設・増設が頻繁に行われる状況の下では、アドレス管理を始めとして利用者、管理者双方にとっての容易な使い勝手が求められることになる。

工学部LANでは、リングのアドレス管理が自動的に行われることと、MACアドレスにIPアドレスを取込む体系を採用していること等により、ネットワーク利用者、管理者双方に見える管理の対象は接続機器のIPアドレスだけとなっている。IPアドレス体系はクラスAを使用し、ネットワーク・アドレスに学部を、ローカル・アドレスに学科、研究室、機器番号を割当てている。(図-5)この内、研究室まではセンター管理者による一括管理、機器番号は研究室内での個別管理とし、管理の階層化を計っている。

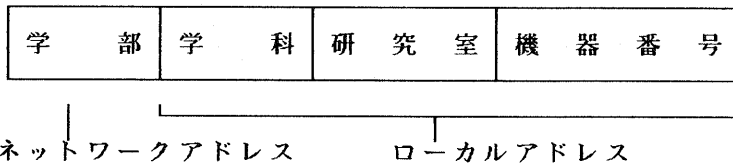


図-5 IPアドレス体系

機器間の接続要求には原則IPアドレスを使用することになるが、アドレス番号の代わりに名前を利用できるニックネーム・サービスが提供されており、接続要求時の利便性を一層高めている。

一方、システムのメンテナンス面では、リング系を管理するためのリング監視装置(SPV)と、LNA-TCP/IPを中心としたバス系を管理するNAU運用管理装置(NCF)といった、ネットワーク階層レベル毎の運用管理ツールが用意され、木目細かな管理機能が提供されている。

リング型LANは、基幹ネットワークの位置付けにあり、線路断等の障害に対する障害箇所の自動切離、回線自動再構成(ループバック)など、伝送路管理機能を備えており、基本的には無人運転が可能となっているが、リング監視装置ではリングの運転状況表示、リング制御装置(LST)の定期診断、統計情報・トレース情報の収集、伝送路の制御等の運用管理機能をネットワーク管理者に提供できる様になっている。

支線レベルでは、NAU運用管理装置により、全LNA-TCP/IPのIPアドレス、端末側回線属性テーブル、ニックネーム・リスト等の構成情報の管理およびこの構成情報ならびにシステム・ソフトのダウン・ライン・ロード、更にUDP/IP上のエコー・プロトコルを利用しての任意のLNA-TCP/IPとの間でのエコーテストなどの機能提供が可能である。さらに、LNA-TCP/IP自身でも回線属性設定、エコーテスト等の機能を持ち、LNA-TCP/IPに接続された端末からこれ等を実行することもできる。

以上の保守運用関係機能は、現場で利用されることは元より、公衆回線経由で

接続された保守会社からの遠隔操作も可能となっており、現場での作業の負担軽減と迅速な復旧処理を可能としている。

6. むすび

LANシステム導入以前は、個別プロトコルを利用した、専用線による端末とホストとの固定的接続が大半であり、ユーザにとって必ずしもその利用範囲は広いとはいえなかったようである。

工学部では、何でも繋がり今直ぐ使えるLANを目指して、TCP/IPを学部内標準プロトコルに採用した訳であるが、今回導入されたTCP/IP・LANシステムでは、リングを包含したLANが、応答性を含めてユーザにその存在を意識させないことと、TSS、ファイル転送、NFSといったネットワーク・アプリケーションの利用が任意の機器間で自由に行なえる様になったことで、機器接続および使用上の制限が取払われ、各種研究分野での情報利用の拡大と高度化に大きく寄与できたものと確信している。

多種多様の機器が接続されるマルチベンダ・システムでは、一般的に接続性を高めるために間口の広い汎用的な機能が優先することと、各種アダプター類が存在することなどにより、シングル・ベンダのそれより機能、性能両面で劣るところがあることは否めない。この辺の差をいかに埋めるかが今後の異機種接続システムにおける課題となろう。

(注)

- UNIX：ベル研究所の開発したOS
- Ethernet：ゼロックス社のローカル・ネットワーク
- 4.2BSD：加大バークレイ分校版UNIX
- KNET/K200：ファイブロニクス社のアダプタ装置とそのソフトウェア
- HITAC M-682H, M660K：日立製作所の汎用計算機
- VOS3, HI-UX：日立製作所の汎用計算機用OS
- PC-NIUN98：アンガマンバス社のアダプタ装置
- PC-9800：日本電気のパソコン
- XNS：ゼロックス社のネットワーク・アーキテクチャ
- DECnet：DEC社のネットワーク・アーキテクチャ
- VAX8600：DEC社の計算機
- ULTRIX：DEC社の計算機用OS
- MS-NET：マイクロソフト社のネットワーク・ソフトウェア
- FACOM M380：富士通の汎用計算機
- F4/MSP, UTS/M：富士通の汎用計算機用OS
- LAN ADAPTER：富士通のアダプタ装置
- MS-DOS：マイクロソフト社のパソコン用OS
- NFS：サンマイクロシステム社のネットワーク・ソフトウェア