

電総研情報部門における 異種プロトコルLAN

— その構築および運用経験 —

大石 東作、菅原 保雄、楳上 昭男

(電子技術総合研究所)

電子技術総合研究所情報部門に初めてローカルエリアネットワーク(LAN)を導入し、3台の計算機を接続して運用を開始した1983年末当時には、日本国内における開放的なLANの設置例は少なく、導入にあたってはいくつかの困難に遭遇した。

現在では、情報部門の各共用計算機システムが、基本的に2系統のLAN(CHAOS-LANおよびCLEAN-LAN)に接続されている。CHAOS-LANには、各研究室の約110台程度のワークステーションも接続され、さらにIP-Routerを経由して、1987年度末に導入された工技院筑波地区のスーパーコンピュータ用のLANとこれに付随して設置された研究所全体のLAN、および情報部門のその他のLANに接続されている。

また、対外的な観点からも、低速なレベルでは国内(JUNET経由)・海外(CSNET経由)の多くの機関との接続を完了している。これらのLANは、すでに高度で国際的な研究活動に不可欠なインフラストラクチャになってきていると言えよう。

この論文では、電総研において約5年前から運用しているEthernetを用いた異種プロトコルLANの導入の経緯と得られた経験、および現状を紹介し、今後を展望することにした。

Heterogeneous Protocol Local Area Network
in Information Processing Research Division of Electrotechnical Laboratory

---- Some Experience ----

Tosaku OISHI, Yasuo SUGAWARA, Akio TOJO

Computer Science Division

ELECTROTECHNICAL LABORATORY

1-1-4 Umezono, Tsukuba Science City, Ibaraki 305, Japan

In late 1983, a local area network(LAN) with three computers nodes was introduced into our laboratory for the first time. At the time, open local area network systems were very rare in Japan, and we have encountered various difficulties in maintaining and managing the network.

Currently, we installed eight common use super-mini computer systems and more than 110 engineering work stations on the two back bone LANs. The LANs are also connected to the super-computer LAN introduced in 1988 and several sub-networks in our laboratory.

The networks are connected to the Japanese domestic networks via JUNET and the international networks via CSNET. Our networks are now functioning as a vehicle for highly advanced and international research activities.

This paper presents some of our experience in managing and maintaining a heterogeneous protocol open local area network for our research activities.

1、はじめに

今日ではローカルエリアネットワーク（以下LANと略す）には、スーパーコンピュータからパーソナルコンピュータまでが接続可能になりつつあり、LANは、その存在自体が情報関係の研究所や大学等では既に日常的なものとして、研究活動等に不可欠なものとなろうとしている。

しかしながら、電子技術総合研究所情報部門に初めてLANが導入された1983年末当時には、日本国内における開放的なLANの設置例は少なく、導入にあたっていくつかの困難に遭遇した。今日の国内におけるLANの幅広い普及を見ると、今昔の感がある。

以下では、電総研において約5年前から運用しているEthernetを用いた異種プロトコルLANの導入の経緯と得られた経験、および現状を紹介し、今後を展望することにしたい。

2、情報処理研究用LANとその意義

1983年当時、電子技術総合研究所情報部門における研究は、共用の計算機によるTSSと各研究グループが保持する実験用計算機群を土台として進められていた。

これらの計算機群はDEC-NetやPRIME-Netなど、1部製造業者提供のネットワークで結合されている部分もあったが、論理機能の点では充分ではなく、そのうえその結合も閉鎖的で比較的固定的なものであった。また異機種間的高速結合は非常に困難であり、情報処理の研究に必要な高い柔軟性を持つシステムとは言い難かった。

情報処理関連の研究において、国際レベルの研究を持続させ、さらに一層の展開を図るためには、新たに導入される予定のシステムを含めて研究用計算機群を有機的に結合し、柔軟で効率の良い研究体制を維持するための基礎媒体を構築することが是非とも必要であった。研究用のLANはそのためのもっとも有効な手段になると考えられた。

また、今日のようなワークステーションの結合による分散処理やパーソナル・コンピューティングなどを基本とした情報システムの基本形態の実現を予測し、その実験をすすめるための土台としても重要であると考えた。LANの導入により期待された効果を、当時の研究計画から抜粋すると次のようになる(1)。

(1) 境界領域および複数分野にまたがる研究の推進

従来独立に行われていた分野を結びつけ、より高度な研究に発展させることが可能になる。たとえば、

a) 画像・図形あるいは音声と自然言語処理の研究の組合せによる高度な対話処理技術の研究。

b) VLSI CADの研究

これは非常に高い機能レベルから物理レベルまで広い

範囲を包含し、言語や設計用ハードウェアについても各種のものを自在に利用可能なことが必要である。

c) 高度な画像理解、音声理解機能の研究

画像にしても音声にしても、信号レベルの処理と、より高い記号レベルの処理を同一のシステムの上で実行するのは多くの場合実際上困難で、なんらかの形で複数システムの機能を利用することが必要となる。

d) このほかにも、知能ロボット、エキスパート・システム、高度な文書作成とデータ・ベースなど、異なる領域にまたがる応用は今後ますます増えると考えられる。

(2) 将来の情報システムの基礎技術に関する研究の推進

LANの導入により、はじめて実験可能な、あるいは意味をもつ研究も多い。たとえば、

a) 分散処理と分散データ・ベースの研究

b) パーソナル・コンピューティングと知的インタフェース、高度なプログラム作環境等の研究

c) ローカルエリアネットワークおよびネットワーク・プロトコルなどネットワーク自身に関する研究などが考えられる。

(3) 専用マシン、入出力機器等の資源の有効利用

a) LISPマシン、SUN、DOMAIN等の、すでに導入済みあるいは計画中の個人用システムやワークステーションはかなり存在するが、今後の研究の進展にともないますますその傾向は強まる。ところがこれらのシステムは本来LANと一体となって使われるように設計されているものが多く、単独でも充分利用可能なものとするには、それぞれにさらに多くの投資が必要となる。LANを導入することでファイルや高機能プリンタ等を共有可能とし多大の重複投資を避けることが可能となる。

b) ソフトウェアやデータに関しても相互利用が容易になり研究が加速される。また異なったアプローチにより得られる性能や結果の相互比較等も容易になる。

(4) 研究活動の効率化

LANは、上記のような多くの利点のほかに、電子メール、電子ニュースをはじめとする各種の共同作業ツールを提供するので、情報交換が効率的に行われるようになり、研究グループの構造に柔軟性を持たせ、研究の動的活力を維持するうえで特に有効であると考えられる。

情報処理の研究では、各種の可能性を臨機応変に試みる事が可能なように、柔軟なシステムを実現しておくことは何にもまして重要である。換言すれば、研究用LANは、上のような要求を満たす情報処理研究のための基本的インフラストラクチャであると位置付けることができる。

3、導入のまでの経緯

電子技術総合研究所情報部門は、1982年当時共用の計

算機として4システムを保有し、TSS環境で記号処理や画像処理等に特化した使い分けを行っていた。使い分けのためには、各研究室から情報共用計算機室まで4線式のシリアル回線を200組程敷設し、これを回線交換器(ポートセクタ)を経由して計算機に接続することにより、各計算機へのアクセスの切換えを行っていた。これで、研究者は必要とする計算機に自由にアクセスすることが出来る。しかし、共用計算機同士の相互接続は不十分なものであり、ファイルや入出力装置の共有等はほとんど不可能であった。

当時、米国では、Athenaプロジェクト等、大規模なキャンパス・ネットワーク・プロジェクトの立上げの時期であり、我々も電総研情報部門における今後の研究の推進のためには、LANの導入が不可欠であると強く考えるようになった(2)。そこで1982年12月には、研究用LAN検討会を設置し、LAN導入に関する技術的な検討と情報部門全体の合意作りを開始した。1983年度には、並列分散処理に関する電総研所内特別研究として比較的小規模な予算が認められ、LAN導入のための具体的な作業を開始することが可能となった。

LANとしては、同軸ケーブルを用いた10Mbits/secのCSMA/CDタイプのものを基本とすることが決められた。接続する当初の計算機としては、1台のDEC SYSTEM-2060と、2台のLISPマシン(Symbolics 3600)を想定し、LAN接続のためのハードウェアとソフトウェアの調達のための調査に入った。その結果、LISPマシンについては、メーカー側からの調達の目途があったが、SYSTEM-2060に関しては、まだメーカー製の製品は当分の間調達することが不可能であることが判明した。このため、米国MITからの協力をあおぎ、同大学で開発されたChaos Netを導入することとした。LISPマシンには、Chaos用のハードウェアとソフトウェアが、標準品として装備されていた。この時点で、電総研のLANはソフトウェア・プロトコルとしては、しばらくの間Chaosを使うことが決った。

1983年12月には、2060用ハードウェア、ソフトウェアおよび同軸ケーブルを入手し、LANの設置を行った。ケーブルの総延長は、最大の50

0mとした。LANの運営を開始し、LAN上でのファイル転送(CFTP)、リモートログイン(TELNET)、メッセージ交換(CHSEND)、メール機能(MM)、SYSTEM-2060による、2台のLISPマシンへのファイルサーバ機能が実現されたことを確認した。

しかしながら、この電総研最初のLANは、はじめの間は大変不安定であった。原因は、2060用LAN制御基板の間欠的な不調によるものであったが、それを特定するのが非常に困難で、ベンダー側の経験も乏しいこともあって、原因をつきとめるのに多大の日時を要した。結局LAN制御基板は、修理のため太平洋を1往復し、電総研初めてのLANが本当に安定した動作を開始するようになったのは、既に1984年の半ばであった。

4、導入後の経過

LANが安定して動作するようになった後も、LAN制御基板が当時は高価であったせいもあり、LANへの計算機の接続数はなかなか増加しなかった。それでも1985年に入ると、2台のLISPマシンが追加され、さらに同年4月に入ると、3台のApolloワークステーションと1台のSu

図1、1985年9月のLANへの接続状況

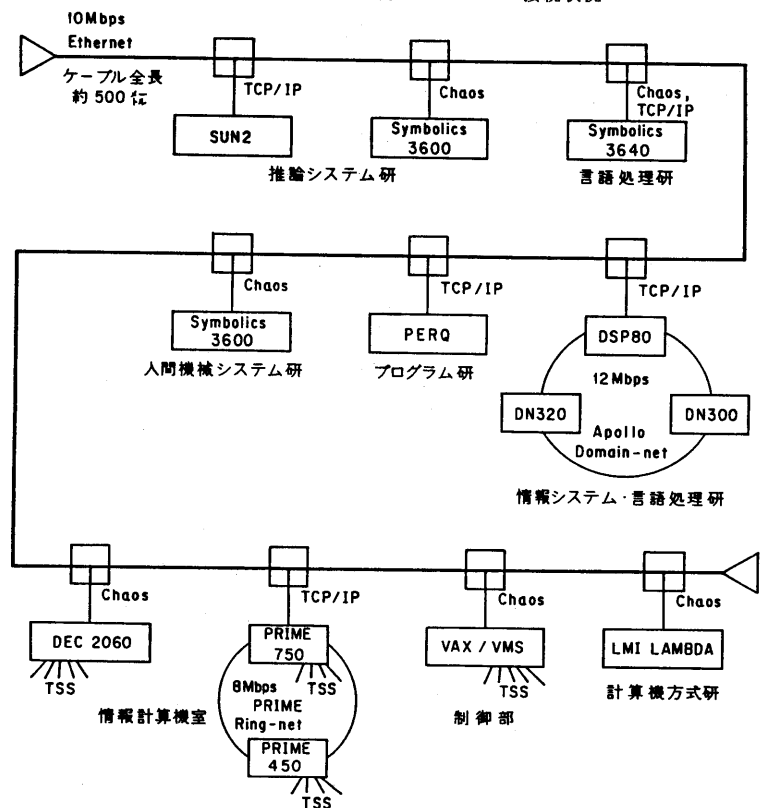
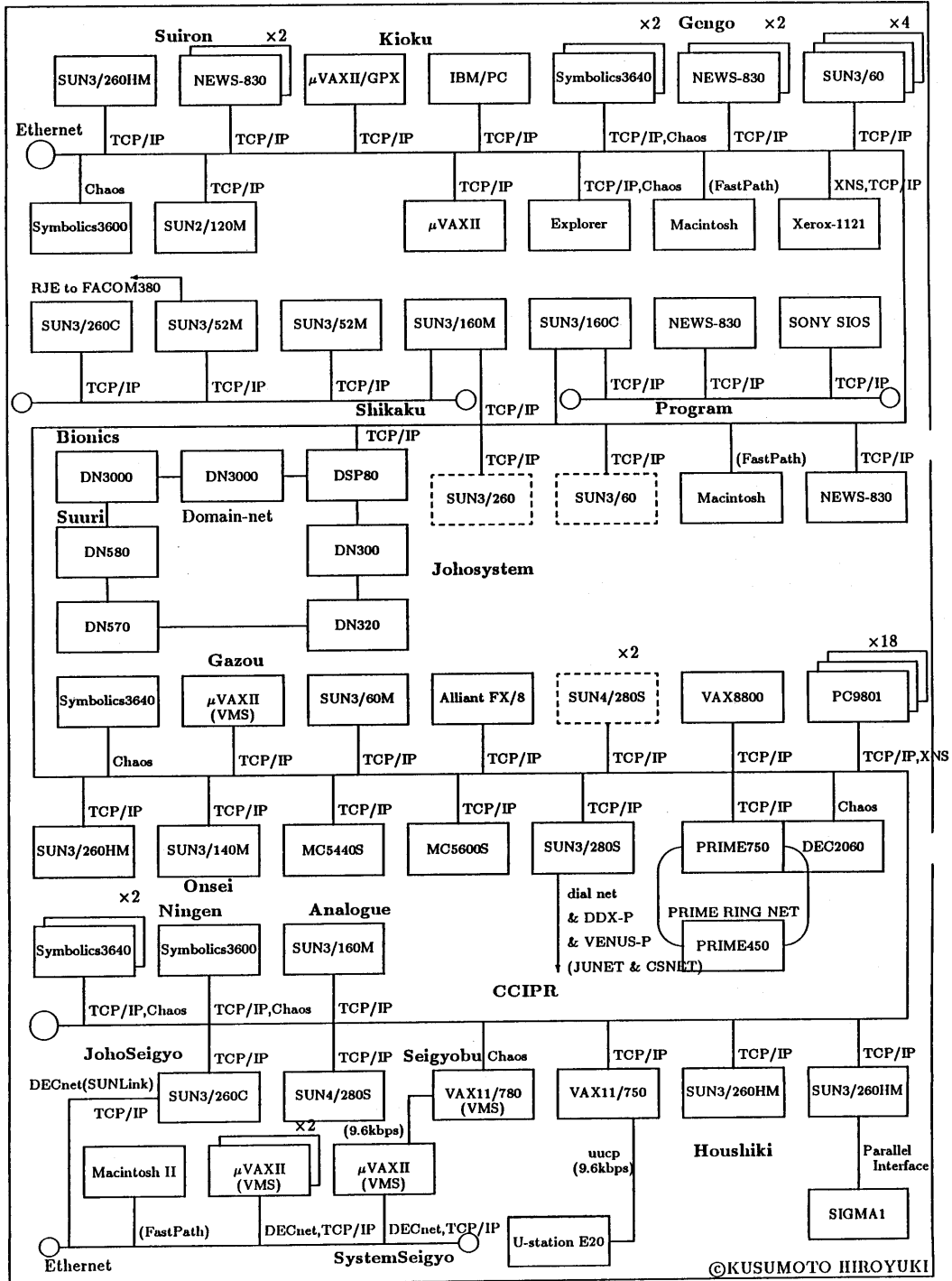


図2、1988年1月のLANへの接続状況

注、この図はLaTeXを使用して描いたが、もうこれ以上のワークステーションの図を1枚のA4版の紙に描くのは、不可能となったため、この図の更新は88年1月時点で放棄された。

ETL-CCIPR-LAN



nワークステーションが追加された。これが、エンジニアリングワークステーションとUNIXマシンの時代の幕開けとなった。

追加されたワークステーションはすべて、プロトコルとしてTCP/IPを採用していた。このため電総研のLANは、異種プロトコルの共存するLANとして運用されることになったが、共存による不具合は特に発見されなかった。さらに、LISPマシン(Symbolics)は、ChaosとTCP/IPの両方のプロトコルをサポートすることができたので、両プロトコル間のゲートウェイマシンとしても動作するようになった。1985年9月ごろの、電総研LANへの接続状況を図1にしめす(3)。その後、2台のVAXと2台のμVAXが接続された。

1986年に入ると、5月になって一挙に18台のNEC PC-9801が接続された。これらのPCは、プロトコルとしてXeroxのXNSを用いたMS-Netwrokとして動作を開始した。電総研LANにとって3種類目のプロトコルである。これらのPCは、当初はUNIX環境とも孤立していたが、その後プロトコルをTCP/IPに変更したため、UNIX環境とも共存できるようになった。

1987年は、電総研LANにとって激動の年となった。接続数の激増である。1985年頭に、関係者に接続依頼をしていたのがウソのように感じられた。まず3月に、Sun3/280Sが通信サーバとして導入された。LANを介したメールサーバばかりでなく、uucpによりJUNET接続が本格的に開始された。これにより電総研の情報部門は電子メールと電子ニュースの時代に入った。メールやニュースに、主として日本語が使われるようになったことはいうまでもない。

6月半ばには、米国のCSNETとの接続を開始した。これにより、電総研情報部門では、所内・国内・海外へのメールの交換が、統一的なユーザインタフェースで

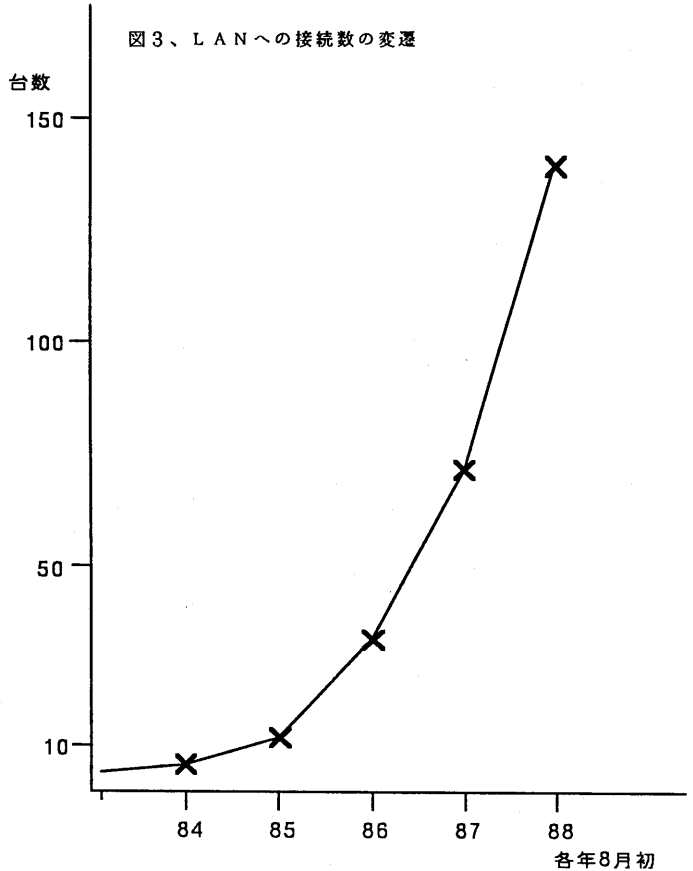
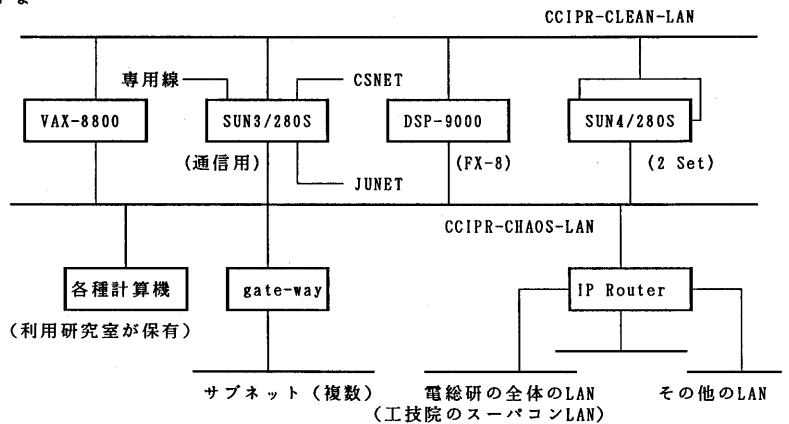


図4、現在の電総研情報部門の共用計算機とその周辺のLANへの接続状況



注) CCIPRとは、情報共用計算機室の英文名の略称

行えるようになった。

またこの年は、設備関係の予算に比較的恵まれたこともあって、情報部門の共用計算機も一新され、各研究室に多くのワークステーションが導入された。これらが全てLANに接続されたのはもちろんである。また、いくつかのサブネットワークも敷設され、これらもメインのLANにブリッジやゲートウェイを介して接続されている。

1987年11月には、米国SR1にあるNICに、正式のIPアドレスの取得を申請し、数箇のクラスCのアドレスを取得した。

1988年1月のLANへの接続状況を、図2に示す。

図1と、図2を比較すると、まさに隔世の感がある。

LANへの接続数の変遷を、図3に示した。1983年末に、3台接続で運用を開始したLANは、1988年8月初現在で140台のマシンが相互接続され、かなりの規模のLANに成長した。最近、接続数の増加率が著しいが、今後はワークステーションの導入・維持・管理に関する予算面での制限等もあり、この数は一定のレベルで飽和するものと考えられる。

5、情報部門LANの現状とその運用

図4に、電総研情報部門の共用計算機システムとその周辺のLANの現在の構成を示した。

各共用計算機システムは、基本的に2系統のLAN(CCIPR-CHAOS-LANおよびCLEAN-LAN)に接続されている。各研究室の多数のワークステーションと共用計算機システムとの交信等は、CHAOS-LANを経由して行われる。また、CHAOS-LANは、IP-Routerを経由して、1987年度末に導入された工技院筑波地区のスーパーコンピュータ用のLANとこれに付随して設置された研究所全体のLAN、および情報部門のその他のLANに接続されている。

CHAOS-LANには、各研究室から自由に接続が認められ、ディスクレスワークステーションを接続することも許されている。一方、CLEAN-LANへの接続は、共用計算機を主体としており、制限的な運用を行っている。その理由は、ファイルシステムを共用するために共用計算機同士のNFS(NETWORK FILE SYSTEM)接続を行っており、そのため相互の高速通信の維持が必要で、他の多数のワークステーションの交信による干渉を避けたいからである。

電総研情報部門のLANは、導入の経緯から異種プロトコルが共存するネットワークであるが、共存の原因とする障害は発生しなかった。異種プロトコルの共存といっても、現在のネットワークでは、TCP/IPプロトコルによるパケットが大勢を占めているというまでもない。

ネットワークによる資源の共用という観点からは、NFSによるファイル資源、レーザプリンタ、画像入出力装置等の共用の効果が非常に顕著であり、ネットワーク設置の狙い通

りであったと言える。

6、LANの維持管理と信頼性

LANの維持管理には、ハードウェア面とソフトウェア面の両方がある。電総研情報部門LANでは、ハードウェア的には同軸ケーブルシステムおよびトランシーバまでは、情報共用計算機室で管理しているが、そこから先の管理は各ワークステーション等の担当者に任されている。

ケーブルシステムの不調は、初期の段階で数回あった。故障診断のツールが全く無い状態での、故障箇所の発見は困難を極めた。ほとんどの故障はケーブル切断形式トランシーバの同軸コネクタ部の接触不良によるものであった。また、同軸ケーブルの末端処理は素人にはほとんど手に負えないことが判明した。このため、以後ケーブル切断形式によるトランシーバの新規採用はとり止め、噛みつき型のトランシーバの使用をほとんど強制的に推奨した。噛みつき型のトランシーバは、その接続法の野蛮さにもかかわらず、安定して動作することが確認され、また信頼性の高いことに驚かされた。もちろんトランシーバ接続時には、短絡事故を何回か起こしたが、接続作業中のトランシーバによるものだけに、事故の発見と対策は容易であった。

全体として、同軸ケーブルによるEthernetシステムは、完全に受動的なものであるため非常に安定して動作し、またオンラインでの新規接続が可能である等システムとしての柔軟性も高いという印象を受けた。光ケーブルシステムのように局所的な停電等で、システム全体がダウンする可能性があるとか、オフライン状態での特殊技能者による新規接続が必要というのとは、対照的である。

ソフトウェア的な信頼性の問題は、個々のマシンの問題であることが多いので、ここではとくに触れない。LANの維持管理の問題の一つとして、マシンのIPアドレスやニックネームの管理がある。我々は、基本的にはこれらを1台のマシンで一元的に管理することとし、そのマシンをいわゆるYellow Page(以下YPと略す)サーバとした。他のマシンでは、IPアドレス等の情報は、YPサーバから受取る。YP機能の利用は、ネットワーク管理の一元化と簡素化に大いに役立っている。すでにYPは、大規模ネットワークの運用に不可欠な機能といえよう。

7、LAN上のトラフィック

電総研情報部門のLANにおける、パケットのトラフィックは、すでにかかなりの量に達している。これは、CHAOS-LANには、100台程度とかなり多くの台数の計算機を接続しているからである。

LAN Analyzerによって、CHAOS-LANを120時間ほど監視

した結果を表1に示した。

転送されたパケット総数	: 1985万個
転送バイト数は	: 約9GB
ピークのパケット数	: 703パケット/秒
ピークの転送バイト数	: 566kB/秒
パケット充填率/1分	: 59% (最大) 39% (CLEAN-LAN)
パケット充填率/20分	: 30% (最大)
パケット長分布	
64バイト	: 50% (remote loginに起因)
1024バイト	: 25% (NFS等に起因)
上記の中間もの	: 25%

表1 LAN上のトラフィック

CHAOS-LANにおけるトラフィックは、すでにかかなりの量に達しているので、今後このLANへの接続台数が増えると、パケットの衝突(コリジョン)が増え、ネットワークの効率が悪くなることが予想される。Ethernet (CSMA/CD)方式では衝突が増え始めると、ネットワークの効率が極度に低下するのは、よく知られている(4)。したがって、このLANには今後や無制限に接続台数を増やすことは、考えものである。今後の接続は、サブネットワークへの接続を主体とすることとし、またメモリスワップ等でパケット量を増やしがちなディスクレスワークステーションをサブネットに移行させ、主体となるLANのパケット量を増加させないことが必要となろう。

CHAOS-LAN全体のパケットの衝突の発生状況は、LAN Analyzerに機能が無いため観測していない。NFSサーバ等としてネットワーク処理の負荷がかなりかかっているSUN3/280Sでetherfind機能を用い観察したところ、1台当りでは、衝突回数は、出力パケット数の0.7%程度であったが、ネットワーク全体の目安にはならない。

8、電総研LANの今後

これまで紹介してきたLANを利用することにより、画像入出力が可能なワークステーションと超高速なベクトル処理型のスーパーコンピュータを組合せた高度な画像処理の研究や、音声入出力が可能なワークステーションと並列処理型ミニスーパーコンピュータを組合せた、高速で高度な音声認識の研究が実施される等、その効用は着実に上がってきている。今後もこのような異種機関結合を含めた、より進んだ情報システムの実現をめざす研究が一層の充実をはかれるものと期待される。

現在使用しているLANの速度は、10Mb/secと決して最高速のものではないが、システムの拡張性等の柔軟性の点では現在得られる最良のものであると考えられる。今後は、

大型プロジェクト「電子計算機相互運用データ・ベースシステム」で開発されているOSI対応のブロードバンドLANや光ファイバーによるバックボーンLANの接続が予定されている(5)。しかし、これら新しいLANの導入は、これまで構築してきたLANの価値を減ずるものではなく、むしろこれらと結合されることによって、より高度な統合されたLAN構築の基盤になると考えられる。

また、対外的な観点からも、すでに電総研情報部門のLANは、研究所内、研究所間、中央計算センターのLANとの高速な相互接続が実現されており、また一部の大学のLANとの間を中速ではあるが相互接続を実現した。低速なレベルでは、国内・海外の多くの機関との接続を完了している。このネットワークは、すでに高度で国際的な研究活動に不可欠なインフラストラクチャになってきていると言えよう。将来は、国内・外との高速通信により情報交換の即時性を高め、内外の研究協力のもっとも基本的な媒体として発展していくものと期待される。

最後に、電総研情報部門のローカルエリアネットワークの導入に御協力をいただいた情報処理研究用LAN検討委員会の植村俊亮(現東京農工大)、岡田義邦、國分明男、諏訪基、田村浩一郎、真野芳久、元吉文男、弓場敏嗣の各氏、およびLANの構築と運用に日頃御協力頂いている楠本博之、戸村哲、平木敬、比留川博久の各氏をはじめとする整備計画WGネットワークタスクグループの方々に厚く感謝いたします。

また、DEC SYSTEM-2060のChaosNetの立上げ時には、電電公社武蔵野通信研究所(当時)奥乃博氏に多大の協力をいただきました。遅ればせながら、深甚なる感謝の意を表します。

— 次ページの参考文献に続く —

参考文献

- (1) 研究用ローカルエリアネットワーク (LAN) ー 導入の必要性とその意義
情報処理研究用LAN検討会 (1983年1月) (電総研内部資料)
- (2) 棟上 昭男、米国のキャンパス・ネットワーク、電子工業月報、Vol. 27, No. 7, pp. 54-61 (1985)
- (3) 異種プロトコルの混在を許す情報処理研究用ローカルエリアネットワーク、電総研ニュース、(1985年9月、428号)
- (4) B.W. Stuck, Calculating the Maximum Mean Data Rate in Local Area Networks, Computer, IEEE, Vol. 16, No. 5, pp. 72-76 (1983)
- (5) 棟上 昭男、大型プロジェクト「電子計算機相互運用データベースシステムの研究開発」ー開放的な分散システムの構築に向けてー、電子技術総合研究所彙報、Vol. 52, No. 2, pp. 272-296 (1988)