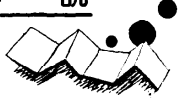


解説



大学間の実験的コンピュータ・ネットワーク (N-1 ネットワーク)[†]

浅野 正一郎^{††}

1. 計画の概要

学術の急速な進展に伴い、全国七大学に設置されている大型計算機センターの提供する情報処理サービスに対する需要は、量的な増大を遂げつつあるばかりでなく、質的にも多様なものとなりつつある。すなわち、従来主体をなしてきたローカル・バッチからリモート・バッチおよび TSS へ、更にはデータ・ベース、特殊周辺機器、プログラムの共用へと高度化しつつある。特に集中化された汎用データ・ベース、分散配置された学術分野別のデータ・ベースの開発動向に伴い、これらのネットワークを介しての利用には大きな需要が顕在化しつつあるものといえよう。

このような情報資源の全国的規模での共同利用形態を達成する第一歩として、全国的大型計算機センター相互間を接続するネットワークを建設しようとする計画が、昭和 49 年度より文部省科学研究費による特定研究「広域大量情報の高次処理」および「情報システムの形成過程と学術情報の組織化」の開発課題となり、東京大学、京都大学および電電公社による共同研究が行われている¹⁾⁻⁴⁾。

本計画は、N-1 プロジェクトと仮称されているが、そのネットワーク構成にあたっては、高度の学術研究ならびに教育の目的に対応できる多様なサービスを、随時しかも十分な経済的実現性をもって達成することに留意されている。すなわち、海外の例にもみられるような専用回線によるネットワークの構成も一つの方策ではあるが、多種多様な需要は常時存在しても、そのトラフィックは専用線の経済性を支持するほど大きなものは見込めないこと、専用網を維持管理するためには多くの経費と人員とを要すること、公衆網として

の新データ網のサービスが近く提供されようとしていることなどを考慮して、新データ網の利用がより適切な接近方策であると判断している。

本計画は以上に基づいて、大型計算機センター相互間を回線交換およびパケット交換サービスを提供する新データ網を介して接続しようとするものであり、そのためのシステム構成、ハードウェアおよびソフトウェアの開発を行い、実証実験を通じてその実現性を確認すると共に、問題点の抽出とその解決をはかり、実用的ネットワークの設計条件を確立することを目的としている。

2. N-1 ネットワークの構成

コンピュータ・ネットワークによる情報資源の共用形態は多岐にわたっているが、これを負荷配分、ファイル転送、リモート・バッチなどメッセージ長の長い形態と、TSS、オンライン・ファイル・アクセスなどメッセージ長の短い形態とに大別することができる。前者については回線交換が、後者についてはパケット交換が有利であり、さらに将来音声や画像などのリアルタイム・データ処理が行われる場合に回線交換が不可欠であるなどの理由から、本計画においては両交換方式を対象として、ハードウェアおよびソフトウェアが両交換方式に共通となるように考慮して開発を進めている。

実証実験は電電公社の新データ網開発計画と協調して、第一期は回線交換、第二期および第三期はパケット交換について行っている。

2.1 ハードウェアの構成

図-1 は第三期の実証実験におけるハードウェア構成図を示すものであって、東大および京大の大型計算機センター所属の計算機 (HOST) に、フロント・エンド・プロセッサ (FEP)、通信制御プロセッサ (CCP)、HOST・FEP 間インタフェース機器などが設置されている。交換網は、CCITT 勧告 X. 25 に準拠した

[†] The Experimental Inter-University Computer Network. (N-1 NETWORK) by Shoichiro ASANO (Institute of Space and Aeronautical Science, University of Tokyo).

^{††} 東京大学宇宙航空研究所

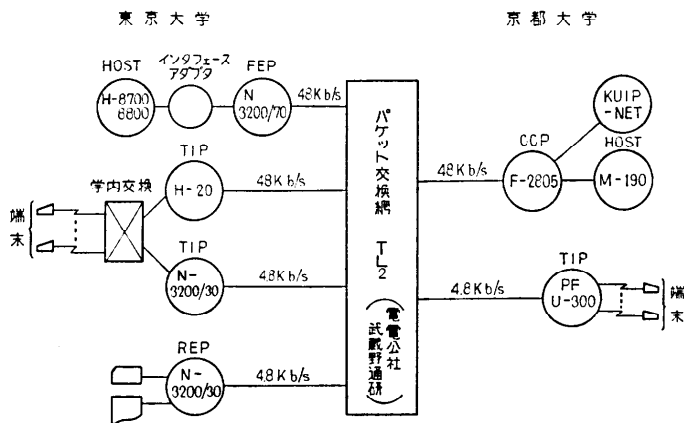


図-1 N-1 ネットワーク第三期実証実験ハードウェア構成図

試験パケット交換網 (TL 2) が利用されている。

これらに加えて、パケット交換網に端末を接続する目的で端末インタフェース・プロセッサ (TIP) の開発が行われ実験されている³⁾。TIP は直接ネットワークと接続する形式をとっているのので、これを利用すれば HOST の資源を浪費することなく、端末をネットワークに接続することが可能となる。

また東大には、ネットワークの HOST に対して直接リモート・ジョブ・エントリ (RJE) が行えるリモート・エントリ・プロセッサ (REP) が設置されている。これは第一期実証実験には、ネットワーク・プロトコルの検証用に構成されたものを改修したものであり、現在大型計算機センターに直接接続されているリモート・ステーションをネットワークに接続する際の問題を検討するものとして使用されている。

さらに京大では KUIPNET が CCP を介してネットワークに接続されている。これは京大インハウス・コンピュータ・ネットワークとして開発されたものであり、画像処理など特殊目的の情報資源を共有する可能性を検証する目的にも使用されている。

2.2 プロトコルの概要

図-2 は本実証実験計画におけるプロトコルの構造を示している。トランスポート・レベルの機能を使用する高位プロトコルとして、長いメッセージ形態の例として RJE プロトコルを開発し、さらに端末からの TSS 処理に際し効果がある仮想端末 (NVT) プロトコルを短いメッセージ形態の例として開発している⁴⁾前者は第一期の回線交換の実験に際し実現され、以降もひきつづき実験利用を行いながら改良されている。また利用者の管理方法、ファイルの取扱いなどに見ら

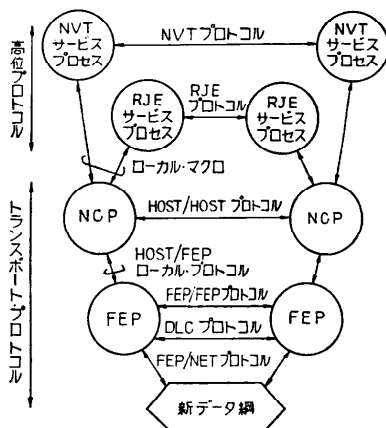


図-2 N-1 ネットワークのプロトコル構造

れる HOST ごとの差異が REJ プロトコルの制約とならないように、REJ サービスを提供・利用するにあたり最低限必要と考えられ、かつ多くの HOST にとって受入れが容易と考えられる事項についてのみ規定することとし、個々の HOST ごとに変化することが予想される事項についてはプロトコルの枠の中で自由度をもたせている。この点への配慮から、REJ プロトコルではコマンド/レスポンスの体系の整備が図られている。

一方 NVT プロトコルは第二期のパケット交換の実験に際し実現され⁵⁾、端末-プロセスおよび端末間交信に重点を置いて実験利用が行われている。特に、端末の収容を行う TIP においては、TIP ユーザ・コマンドの体系を整備し、TIP に依存しない利用者インタフェースで、NVT プロトコル以下のネットワーク

機能を端末から利用できるように配慮している。

プロトコル階層上、トランスポート・レベルの上位に位置するものが、HOST/HOST プロトコルである。これはプロセス間の論理的通信路（リンク）の確立および解消、リンク上の情報伝送・フロー制御などの方式を定めており、ネットワーク制御プログラム(NCP)の機能を定めるものとなっている。本プロトコルではリンクを片方向通信路としていること、リンクの確立、解消手順に HDLC の思想を導入していること、フロー制御にウィンドウ方式を採用していることなどの特色をもつ。

FEP/FEP/プロトコルは、データ送出に際する使用回線の選択、パケット網のパケット・リンク選定に関する指示制御、回線交換回線やパケット・リンクに対するリンクの多重化制御などを定める一方、網内の障害検知の手順をも規定している。

FEP/NET プロトコルは、新データ網とのインタフェースの規定であり、回線交換に対してはフェーズ 1 及び 5 の信号シーケンスと物理レベルの定めとなっており、一方パケット交換に対しては X. 25 レベル 1~3 を定めている。また回線交換および専用回線に対するフェーズ 2~4 に関してはデータ・リンク制御(DLC) プロトコルが規定しており、ハイレベル伝送制御手順(HDLC)の ABM (Asynchronous Balanced Mode) および ARM (Asynchronous Response Mode) を定めている。パケット交換のレベル 2 として、本実験では ABM による LAPB を使用していることから、今後は ABM が DLC プロトコルとして利用される。FEP/NET および DLC プロトコルは、利用する回線形態により適時選択的に適用することが必要であるが、FEP などこれらの全ての形態を制御するプロセッサでは、物理レベル、DLC レベル、制御信号あるいはパケット・レベルの各々に対応するレポートリを自由に編集できるよう配慮されている³⁾。

3. N-1 ネットワークの効率

実証実験計画の第一期および第二期において、新データ網回線交換現場試験網およびパケット交換所内試験網(TL1)とをそれぞれ用いて、N-1 システムの効率測定を行った^{4),6)}。図-3 は測定時のシステム構成であり、京大側は FEP で新データ網にインタフェースをとっており、使用回線速度は 48Kb/s 一種類である。

本測定では、NCP に対して直接インタフェースを

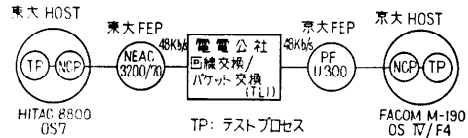


図-3 効率測定時のシステム構成

表-1 N-1 ネットワークの効率

リンク数	データ長 (バイト)	回線交換現場試験網		パケット交換所内試験網 (TL)	
		1 データ当りの伝達時間 (ms)	48 Kb/s 回線利用率 (%)	1 データ当りの伝達時間 (ms)	48 Kb/s 回線利用率 (%)
1	10	69	9	101	6
	245	115	39	186	24
8	10	250	16	273	18
	245	354	98	367	97

もつプロセス間でデータの送受信を行い、データ長および同時に存在するリンク数を可変として、1 データの送信の後に相手 HOST から受信確認を受け、続くデータの送信を行うまでの時間（データ伝達時間）を算出している。一試行は 10³ 回の送信を単位としており、測定に関連するプロセス以外は動作していない環境となっている。

表-1 には、京大から東大に向けてデータを送信した際の結果を示しているが、逆方向についてもほぼ同様の結果が得られている。データ長は 10 バイトと、NCP 間の最大データ長である 245 バイトとについて示しているが、ともに回線上はヘッダー等 16 バイトが付加されている。

同表には、48 Kb/s の回線利用率が約 98% に達し回線速度が制約となる場合のネットワーク効率まで示されているが、その場合でもデータ伝達時間は妥当な値を保っていることが示されている。以上の他に、両 HOST 間が無通信時に、ECHO コマンド (HOST/HOST プロトコルのコマンド) の往復時間を測定している。この結果同コマンドの伝達時間が回線交換時が 63 ms (T₁)、パケット交換時が 96 ms (T₂) であることから、パケット交換 (TL 1) の網内遅延 $\left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right)$ は 17 ms 程度と考えられる。

尚、本測定には回線交換時の回線設定時間、パケット交換時のパケット・リンク設定時間を含めていない。これらは別途測定されており、表-2 に示すものとなっている。

表-2 平均接続・切断時間

	(単位 ms)	
	接続時間	切断時間
回線交換現場試験網	196	12 以上
パケット交換所内試験網 (TL1)	65	24

4. 今後の検討項目

4.1 ネットワーク運用

N-1 ネットワークの実用化に際して、操作性・利用性の向上、障害対策の完備、課金方法の決定などとなる大型計算機センターの運用にも関連した諸問題の解決を要する。これら問題は、分散形ネットワークに共通するものであり、長期にわたる運転経験をもとに、実情に即して合理的な解決ははからねばならない。

N-1 ネットワークでは、昭和52年11月に約20日間にわたり、東大・京大間で RJE サービスを中心とした運用実験を実施し、その後も TIP を介した TSS サービスの運用実験、あるいは両者を合わせた運用実験が行われている⁷⁾。

この結果、東京大学では次の項目の改善が指摘されている。

(1) FEP の自動運転化：現在の構成で、HOST、FEP が独自の運転を行っているのに対し、運転自動化の観点から、FEP に対する HOST からの自動プログラム・ロードを含め FEP の運用を HOST が制御・モニタできるように構成することが、運用性の向上、人員配置の適正化のために必要である。

(2) 通信テスト機能の具備：運用中に発生した障害からの復旧確認や、新規加入サイトの通信機能確認を、この目的に構成したシステムを用いずに運用システムの一部で実施できることが望まれる。

(3) センター間業務連絡手段の確立：各センターオペレータ間で業務連絡を交信する手段を、現状のプロトコル内に設定すると同時に、その前提となる運用業務形態のあり方の合意を得ることが必要である。

以上の(1)、(2)は、現在検討が進められている東京大学の次期ネットワーク・システムに反映される予定であり、(3)についてはより広く検討が進められている。

4.2 ネットワーク処理効率と通信量

N-1 ネットワークの HOST は、バッチ・TSS のローカルな処理を一日平均 1,000~5,000 件処理する

のが現状であり、今後もこれが増大することは確実に考えられる。さらにローカルな TSS 処理などの通信処理も増大し、同時接続数が現在の数十端末から数百端末に達するものと想像される。将来は、このような高いローカル負荷を持つ HOST においても、十分なネットワーク処理効率を維持するために技術的検討を必要としている。

これに対して、現在の東京大学・京都大学のシステム構成のもとで、ローカル負荷がネットワーク処理効率にいかに関与しているか、より具体的にはメモリの占有、入出力トラフィック等ローカル負荷の属性に着目した影響の分析を昭和53年度中に実施する予定である。このような分析から、センターとして提供しうるネットワーク・サービスの限度を見きわめると同時に、ネットワーク利用上の定量的な指針を利用者に提示することができよう。また、現状のシステムでは実現しえない点に関しては、例えば高いレスポンスを保証する処理クラスの設定など、技術的解決をはかるべき具体的項目が指摘されることになる。

一方、新データ網への通信量の低減をはかることもネットワークの経済性を高め、利用を拡大するための要点である。現在これに関し、HOST/HOST プロトコルの確認レスポンス量の低減と、RJE プロトコルのメッセージ圧縮によるデータ量の低減とが当面有効であると判断して、プロトコルの改善作業を進めている。

前者は、セグメント伝送に伴う送達確認とウィンドウ制御のためのコマンド/レスポンスの体系を整理し、セグメント伝送時間に劣下が生じない範囲で方式の見直しをはかり、コマンド情報をデータ・セグメントに積極的に付加すること及びレスポンス・タイミングを規定することにより、コマンド・セグメント、レスポンス・セグメントの量を低減するよう検討を加えている。後者は、入力カード・イメージ及びラインプリンタ出力イメージのメッセージに、ブランク圧縮、同一キャラクタ列の圧縮などの一般的操作を加えることで、伝送データ量を低減することを検討している。両者を適切に実現することにより、現行の約半分のパケット量で RJE が達成できると予想している。尚これらのプロトコル変更は、現在のプロトコルと併存可能な新プロトコルに吸収することが望ましいと判断している。

4.3 高位プロトコル

現在用意されている RJE および NVT プロトコ

ルに加えて、新たな高位プロトコルの検討が行われている。従来の高位プロトコルが特定のアプリケーションのためのものであるのに対し、複数の HOST で実行中の広汎なプロセス間にリンクを確立するためのプロトコルと、それに従ったサポート・プロセスの検討がこれにあたる⁸⁾。

これに加えて、オンライン・ファイル・アクセスに関連したプロトコルの整備やアクセス・コマンドの標準化の作業が必要と考えられ、諸外国あるいは国際標準化の動向を念頭に置いた検討が始められようとしている。

4.4 回線交換・パケット交換の有効利用

本実験計画では、回線交換およびパケット交換を提供する新データ網を介して適切なコンピュータ・ネットワークを実現することを目的とし、これに基づいて、両交換方式に共通となるシステムを実現した。ネットワークを構成する立場からは、パケット交換を利用する方が、多くのサイトとの同時接続性の点から優れていることは言うまでもないが、回線交換には、データ伝達時間が網内の負荷変動に左右されないため、リアルタイム処理をも可能とする高品質の網を実現できるという捨てがたい利点を有する。本計画ではこのような回線交換が適時選択的に利用できるよう、HOST/HOST プロトコル、FEP の構成などに配慮が加えられている。

しかし、現在までに発表されている多くのネットワーク・アーキテクチャにおいてはアプリケーションの処理の段階に応じて適時両交換形が選択的に利用される様に考慮されているものは見当たらない。

両交換形が利用可能な状況が達成されている今日、これらの利用上の選択が回線上のトラフィック量・密度によりなされるだけでなく、アプリケーションの属性により両交換形が適時利用できるように広く検討が進められることを期待したい。

5. おわりに

以上本実験計画の概要を記述した。はじめに述べた

様に、本計画は文部省科学研究費の援助のもとに、東京大学、京都大学および電電公社の共同研究として行われており、多数の関係者の協力により実施されている。ここに文部省科学研究費の援助に対し厚く御礼申し上げるとともに、本計画委員長東京大学猪瀬博教授、同副委員長京都大学坂井利之教授、電電公社武蔵野通研加藤満左夫複合交換研究部長をはじめとする多くの方々、ならびに御協力いただいた日本電気(株)、富士通(株)、(株)日立製作所の関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 「特定研究・広域大量情報の高次処理—総合報告」東大出版会。
- 2) Inose, H., Sakai, T., Kato, M. and Asano, S.: Networking for Inter-University Computer centers in Japan, Proc. Third International Conf. on Computer Communication (ICCC), Tronto (1976).
- 3) Inose, H., Sakai, T. and Kato, M.: Experimental Network for Inter-University Computer centers in Japan, Proc. International Switching Symposium 1976, Kyoto (1976).
- 4) Inose, H., Asano, S., Hasebe, K., Sakai, T., Kitagawa, H., Tabata, K. and Kato, M.: User Level Protocol for and Field Trial on the Experimental Inter-University Computer Network in Japan, Proc. Forth ICC, Kyoto (1978).
- 5) 浅野・田畑・平田: N-1 プロジェクトにおける TIP システムの開発, 情報処理学会コンピュータ・ネットワーク研究会資料 No. CN 13-1 (1977-11).
- 6) 北川・田畑・安永・浅野: N-1 ネットワークのシステム効率評価, 昭和 53 年度情報処理学会全国大会 No. 5A-8.
- 7) 安永・北川他: N-1 ネットワークにおける RJE 運用実験, 同上, No. 5A-7.
- 8) 飯田他: N-1 ネットワークにおけるユーザ・プロセス間通信サポート・システムの検討, 同上, No. 5A-6.

(昭和 53 年 12 月 22 日受付)