

解説

4. システム技術



4.5 分散ネットワーク環境とそのコミュニティ†

上 林 憲 行††

1. はじめに

最近、高性能低価格な普及ワークステーション（以下 WS と略記）の登場に始まり、WS の特徴である高度の対話型処理を基本とする各種の応用分野（ソフトウェア開発、OA/文書処理、パブリッシング、CAD/CAM、CAI、人工知能）の発展、ローカルネットワークの標準化の進展、サービスソフトウェアの充実が図られてきている。こうした背景は、本格的な分散ネットワーク環境下におけるワークステーション時代の到来を予告するものである。

先進的なコンピュータサイエンスの研究を進める大学や研究機関は、研究の基盤環境としてのコンピュータシステムの研究においても常に時代を先取りしてきた。それらの中で、特記されるべきものは、1960年代では水道の蛇口を捻ると同じように計算機資源をいつでも好きなだけ利用できることを目指した MIT における Multics の研究である。1970年代にはベル研におけるプロジェクトチーム単位での自由度の高い計算機資源共有・利用を実現したミニコンピュータベースの TSS (Unix ベース) であった。1980年代はパーソナルコンピュータの登場による計算機資源の個人専有化の時代である。

現在の先進的な研究機関におけるコンピュータコミュニティの研究を概観してみよう。大学では、CMU が IBM 社と共同で進めている Andrew¹⁾、MIT の Athena²⁾ などが注目される。Andrew は、全学の学生、教職員スタッフを含めた約 8000 名に高性能 WS を一人に一台付与し、研究・教育・学内コミュニケーションの円滑化を行うという構想である。日本でも、京都大学工学部情報工学科の媒体統合型ネットワークや慶応大学理工学部の S & T ネットワークの構築が進められている。一方、産業界では 1970 年代にこの

ような分散ネットワーク (Ethernet) の環境下のワークステーション (Alto) 文化の先鞭をつけたゼロックス社 PARC のコンピュータコミュニティが特筆される。

本稿では、実際に運用されているローカルエリアネットワークとワークステーションを中心とするソフトウェア研究開発のための分散ネットワーク環境を題材にして、システムの概要、システムの考え方と構成、そのコミュニティとその特徴、実際的な評価などについて述べる。

2. 分散ネットワーク環境とそのコミュニティの基本要件

2.1 分散ネットワーク環境の一般的構成要件と特徴

ここでは、ローカルエリアネットワーク (LAN) をネットワークセグメントとし、ワークステーションや高性能パーソナルコンピュータをコンピュータ資源とした分散ネットワーク環境を中心にその基本要件について述べる。

(1) 異種ネットワークとインタオペラビリティ

(i) 異種マルチベンダネットワーク：これは、その骨格となるネットワークプロトコルを含めて異なる構成要素（マシン、基本ソフトウェア、サービス、ユーザなど）が共存するシステムである。将来的には、ISO/OSI を基本ネットワークアーキテクチャとする異種マルチベンダネットワークの形態が一般化し、より多様性に富むネットワーク時代が到来すると期待される。実際に、INTAP はこのようなネットワーク理念を具体化するために相互情報処理運用システムの研究開発を推進している¹⁹⁾。同様に、MAP/TOP¹⁹⁾ も異種マルチベンダネットワークを大前提としている。

(ii) 資源・サービスの共有化：異種・マルチベンダネットワーク下における資源・サービスの共有化に関しては、異なる複数のホスト上のさまざまな異なる複数のソフトウェアシステムから、共通のネットワー

† A Distributed Network Environment and its Community by Noriyuki KAMIBAYASHI (System Technology Laboratory Fuji Xerox Co., Ltd.).

†† 富士ゼロックス(株)システム技術研究所

クサービス、たとえば、ファイリング/ゲートウェイ/電子メール/ネットワーク管理/仮想端末エミュレーション/RJE/印刷などが享受できることが必要である。標準的な共通サービスとしては、ISO/OSI モデルの応用層に対応するアプリケーションプロトコルが検討されている。

(ii) 相互情報交換性：同種のソフトウェアシステム(OS/言語)間ではもちろん、異なるソフトウェアシステム間でも相互情報交換性が実現されている必要がある。ファイルレベルや電子メールレベル(たとえば、MHS)の相互情報交換性の達成が当面の課題であると考えられる。

(2) ネットワークの広域性と多様性

(i) インタネットワーク：構内や局所的な地域だけをカバーする孤立したネットワークは、局所的な資源共有やコミュニケーションの効率向上には寄与するが、それは分散ネットワークの目指す恩恵の一部である。距離的に離れたLAN間を、公衆網や専用回線を介して相互に接続することにより、情報コミュニティの輪が広がり、資源共有やコミュニケーションの効率向上の効果がより拡大する。このようなLAN間の相互接続形態であるインタネットワークが実現されて、時間と空間の制約を乗り越えた情報コミュニティが成立する。インタネットワークを具体化した代表的プロトコルとして PUP⁷⁾、XNS^{4),5)}、TCP/IP があげられる。

(ii) 国際インタネットワーク：コミュニケーションにおける時間と空間の制約からの解放は、国内に留まらず、国際専用回線などを介して国際広域インタネットワークを実現することにより、さらに効果的になる。現実には、国際回線を通しての JUNET と CS-NET の接続、各企業独自の国際ネットワークも実現されている⁸⁾。

(iii) 異種ネットワークとの相互接続：異種プロトコルのネットワーク下におけるプロセス間で交信を実現するには各プロセスが前提とするプロトコルを双方向に翻訳する必要がある。通常この翻訳機能はゲートウェイで実現される。相互のネットワークプロトコルが比較的近い概念であればこのゲートウェイの実現は容易であるが、基本概念が大きく違えばその実現自体に経済的現実性がなくなることもある。OSI の 7 層モデルはこのようなゲートウェイ実現の一つの共通指針を与えるものとしても意義がある。

(iv) 異種ネットワークアーキテクチャのサービス

の利用：既存の情報処理システムのネットワークアーキテクチャの傘下のサービスや資源を利用できることも重要な課題である。あるネットワークで別の異なるネットワークアーキテクチャのプロトコルやサービスを、一方通行的にエミュレーションすることによってこの機能を実現することが多い。代表的なものは既存ホストの端末エミュレーション機能などである。

(3) 広域自律型分散ネットワーク

(i) 自律型分散制御管理：LAN では、そのネットワーク構成要素はビルや構内に広く散在することになり、ネットワーク構成要素自身がそれぞれ自律的な制御管理機構を備えていることが望ましい。また、距離的に離れた管理主体が異なる LAN 間の広域インタネットワークを考えると、現実的には、ネットワーク全体を物理的にも論理的にも統括管理する集中的な機構やデータベースはタイムラグやトラフィックの局所性などを考えると実効的な意味をもたない。その意味で、自律型分散制御管理機構は物理ネットワークにとどまらず、論理ネットワークの各レベルで必要となる。

(ii) 広域ネットワークポロジ管理：広域ネットワークを経済的に管理運営するためには、広域ネットワークポロジの変更やインタネットワークサービスの障害によるポロジの変化を自律的に検出して柔軟にルーティングを行う機構(ルートを動的に変更する適応型方式)などが備わっていることが肝要である。

(iii) 自律型分散データベース管理機構：通常のネットワークの管理は、各ホスト単位及びサブシステム単位に自律的かつ能動的に必要な情報の交換を定期的に行う分散データベース管理機構が備わっていることが望ましい。電子メールなどに代表されるネットワークサービスも各サブシステムのサーバ間の自律的な管理機構が有用である。

2.2 ワークステーションコミュニティの基本要件

前述した分散ネットワーク環境においては利用者はワークステーションや高性能パーソナルコンピュータなどのコンピュータ資源をとおして分散ネットワーク環境に参加することになる。こうした新しい環境においてはワークステーションコミュニティとも呼ぶにふさわしいコンピュータコミュニティが成立する。このコミュニティの特長は、①パーソナルパワーリソース(すべての構成員が自分の WS を所有することによ

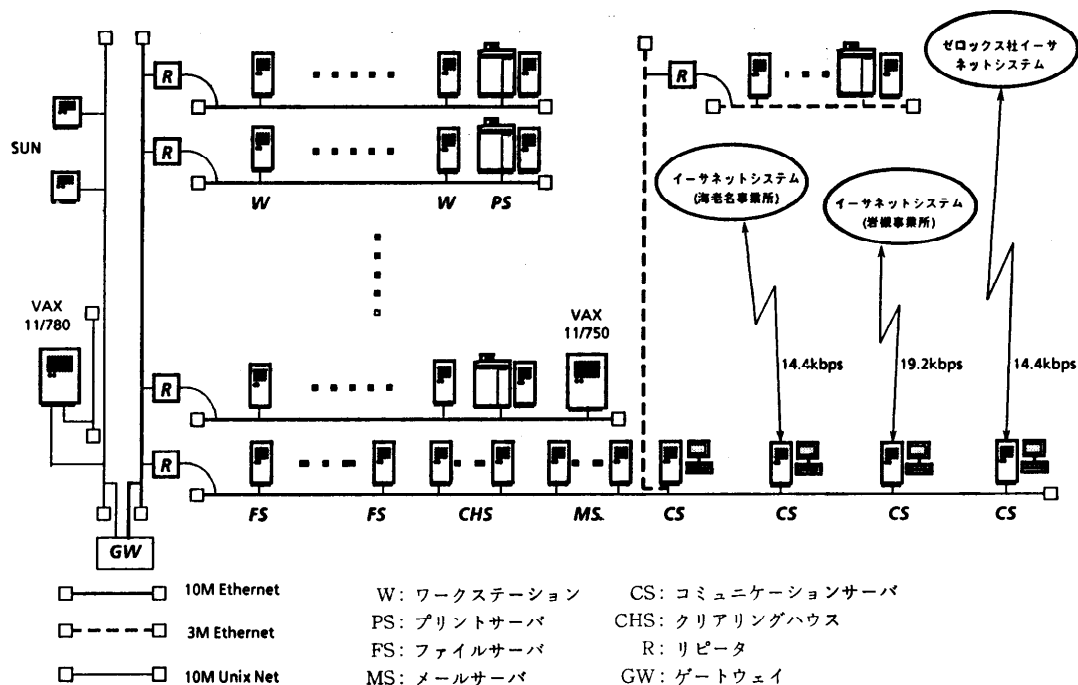


図-1 サブネットワークシステム構成図
Overview of sub network system

る強力な計算資源の獲得), ②パワーツール (目的に応じた強力な WS 上の開発ツール/環境の活用による生産性向上), ③パワーコミュニケーション (情報の迅速・正確な伝達による能率化と情報の広域配布による知的な刺激), ④パワーオペレーション (ネットワークを介した協同作業を円滑に進める支援機能), ⑤パワーシェアリング (情報の電子化/資源化/共有化とその拡大再生産サイクル), などである。

1970 年代後半にはゼロックス PARC においてこのようなコミュニティの原形がすでに構成されていた。また, Athena や Andrew の各プロジェクトが目指すコミュニティの姿でもある。

3. 分散ネットワーク環境の実例の紹介

ここで紹介するシステム (以下, 本システムと略記) の主目的は, ソフトウェアに関連する研究開発業務を遂行するワークステーションコミュニティの構築である。

本システムは, 社内の研究・開発用インタネットワークのサブネットワークとして位置づけられる*。

* 富士ゼロックス社には, 各事業所間を結ぶ 2 系列 (研究・開発用/事務用) のインタネットワークシステムがある。

また, 本システムは国際専用回線を介してゼロックス社の XIN³⁾**と相互接続されており, この意味で, 国際広域インタネットワークの一つのサブネットワークを形成している (図-1 参照)。

3.1 分散ネットワーク環境のシステム構成と要素

ネットワークアーキテクチャとネットワーク構成要素に関して述べる (図-1 参照)。

(1) ネットワークプロトコル

ネットワークプロトコルは, ゼロックス社が仕様を公開しているシステムコンポーネント間の標準プロトコルである XNS (Xerox Network Systems)⁴⁾ を基幹としている。XNS のプロトコル階層と ISO/OSI との対応関係を図-2 に示す。また, 同一ネットワーク上には PUP (PARC Universal Packet)⁷⁾ と TCP/IP のパケットも共存している。

(2) ネットワークサービス/サーバ^{4), 5)}

このネットワーク環境で共通に利用できるネットワークサービス/サーバには, 以下のものがある。

a. インタネットワークサービス: インタネット

** ゼロックス社には, 2 系列のインタネットワークシステムがあり, それは利用者数約 8000 の CIN: Cooperate Internetwork と利用者数約 4000 の RIN: Research Internetwork である。

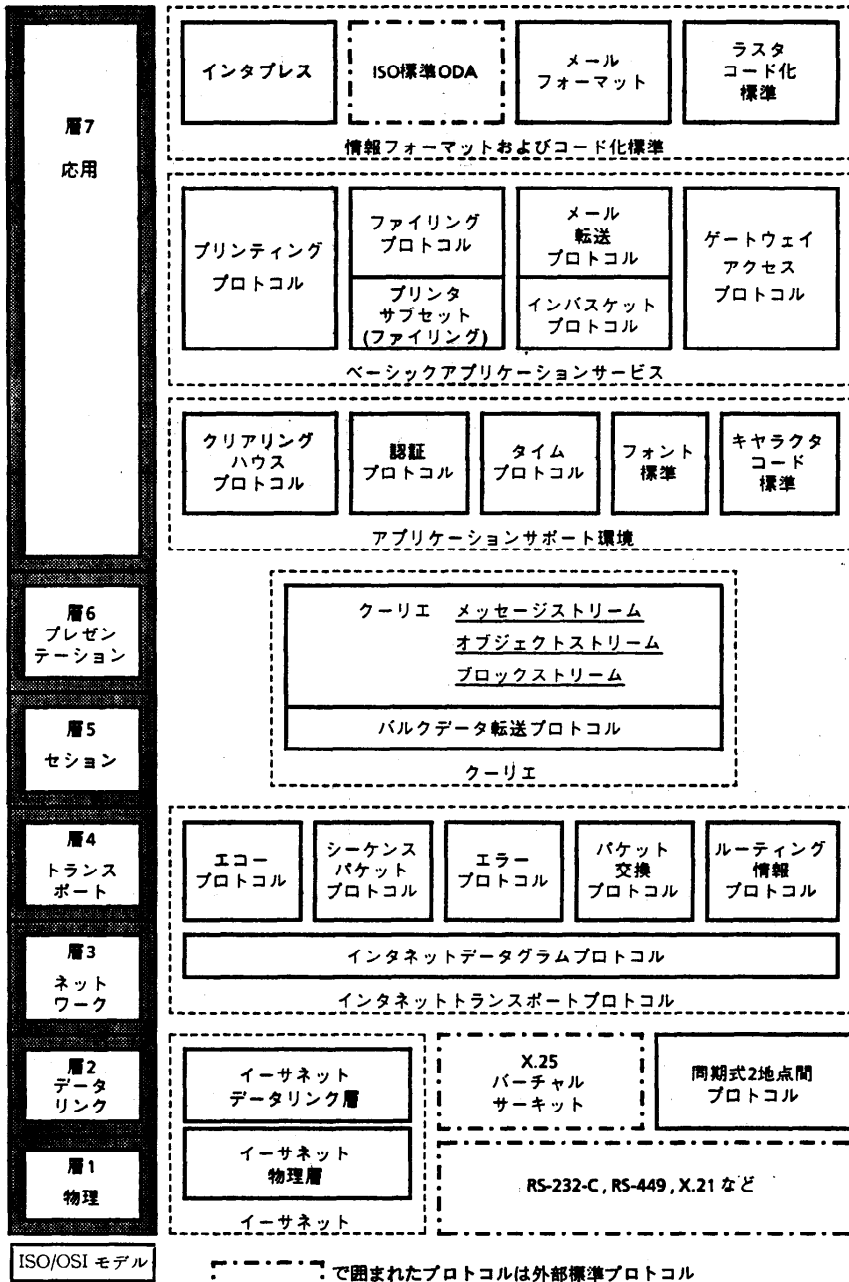


図-2 XNS プロトコル体系 (Xerox Network Systems)

ワークサービスはイーサネット間で各種回線を介して相互接続し、データグラムサービスを基本とするバケット交換を実現するサービスである。ネットワーク層のインタネットワークプロトコルによって実現される

(図-2参照)。このサービスにより利用者はインタネットの物理的なトポロジや位置を意識する必要がない。この機能は、通信サーバによって遂行される。

b. 資源共有サービス：プリントサービスは、出力

マシン独立な書式 (インタプレス)⁴⁾ で記述された情報を、所定のプリントサーバ (PS: Print Server) に送付印刷するサービスである。PS では、このインタプレス書式を解釈してテキスト/イメージ/構造グラフィックスの混在した文書の高品質な印刷が可能である。プリントサービスは応用層のプリンティングプロトコルに基づき実装されている (図-2 参照)。ファイルサービスは、ネットワークで共有されるファイルサーバ (FS: File Server) に対するサービスを提供するものである。ファイルサービスは同様に応用層のファイリングプロトコルに基づき実装されている (図-2 参照)。

c. コミュニティコミュニケーションサービス: ネットワークには、XNS メール⁴⁾、グレイプバインメール⁸⁾の2種類の電子メールサービスが共存し、相互に乗り入れが成されている。現在の基本は XNS メールである。XNS メールサービスは、応用層のメール転送プロトコルとインバスケットプロトコルによって実現される (図-2 参照)。

d. 外部世界とのコミュニケーション: 端末エミュレーションサービスは、WS からホストに遠隔ログインするサービスの総称である。ゲートウェイアクセスプロトコルを利用して実現される (図-2 参照)。TTY 仕様端末、特定ホスト (IBM 系マシン) 端末 (3270) への端末エミュレーションサービスなどが利用できる。ホストの通信処理は通信サーバが行い、WS 側で利用者インタフェース機能を実現している。

e. ネットワーク管理: クリアリングハウスサービス (CHS: Clearinghouse Service) は、ネットワークの利用者/サーバ/サービスなどの資源に関する情報 (論理名/物理名の対応とそのリスト) の管理と提供を行う。このサービスは応用層のクリアリングハウスプロトコルに基づき実装されている (図-2 参照)。また、応用層の認証プロトコルに基づく認証サービスも提供する。

(3) ワークステーション

(i) ベースマシン: WS は、その大半は富士ゼロックス 1121 AIW, 8080 JStar-II である。そのほか SUN-3, DEC VAX 11, 各種サーバマシンなどが多数設置されている。

(ii) プログラミング環境: プログラミング環境としては、XDE (Mesa 開発環境)^{5),9),10)}, Interlisp-D(J)^{6),12),17)}, Smalltalk-80(J)^{6),11),18)}, Unix を利用している。そのほか、JStar⁵⁾/ViewPoint などを主に使用している。

3.2 コンピュータコミュニティの特徴と活用例

ここで働く管理職を含めて構成員はすべて自分の WS を所有している。以下、そのコミュニティの特徴の一端を述べる。

(1) 情報の電子化と拡大再生産サイクル

(i) 情報の電子化と電子文書保管管理: コミュニティに有効な情報 (プログラム/文書) は、その発生源点ではほぼ 100% 電子化され、電子メールおよび FS を介して流通・伝達する。また、研究所内で作成され管理される文書は、100% 電子文書化され、所定の FS に格納管理されている。各自は必要に応じて WS からそれらの情報を利用できる。

(ii) 再編集可能情報の再生産サイクル: 交換される情報 (テキスト, グラフィックス) は原則的に再編集可能である。これにより、自分が作成した文書のすべてまたは一部が第三者にそのまま利用できるだけでなく、さらに別な付加価値や加工が加えられた形で再流通し、情報の成長拡大再生産のサイクルが形成されている。

(iii) 電子書式と電子決裁: 研究所内で必要となる各種書式は所定の FS に保管されている。各自は、その FS から必要に応じて書式を取り出し、必要事項を記載してその決裁者及び関係者に電子メールで送付する。このように書式の利用から決裁にいたるすべての過程を WS で行える。

(2) 電子メールコミュニティ

(i) 電子メールの用途: 電子メールを利用し、①各種の提案、②組織またはプロジェクト内での連絡/伝達/会議やイベントの通知/部門を越えた技術情報の提供、③サブコミュニティでの討論/議論、④ソフトウェア仕様・設計の議論/プロジェクト管理/バージョン管理/バグレポートなどのさまざまなコミュニケーションが活発に行われている。

(ii) 非同期コミュニケーション: 電子メールの特徴は当事者同士 (複数) の時間の同期が必要ない非同期コミュニケーションにある。ミーティングなどの同期コミュニケーションの便利さも多々あるが、相手に対する強制割り込みであること、当事者が複数であること、時間の折り合いがつかないこと、それらの調整などのオーバーヘッドは無視できないものである。電子メールに代表される非同期コミュニケーションの利点は、お互いに、自分のペース、タイミングでメッセージの送信/受信を行えることである。

(iii) サブコミュニティと広域配布: DL (Distribu-

tion List) は複数のメール利用者名が記載されているデータベースであり、仕事のチーム/組織/議論/トピックスなどを対象に設定され広範に利用されている。

この DL の機構により、①多数の関係者への有効情報の広域配布、②正確・確実・迅速な伝達に有効である。ちなみに、本システムには約 300 以上のメールアカウントがあり、約 150 以上の DL が設定されてある。

3.3 分散ネットワーク環境特有の機構

ここでは代表的な分散ネットワーク環境に特有の機能や機構について述べる。

(1) 利用者からのネットワーク仮想化インタフェース

利用者からみて、①広域インタネットワークトポロジや構成の変化、②サービス/サーバの物理的な所在、③WS に独立な電子メールの送付、④情報資源(ファイル)の所在(ローカル/リモート)などのネットワークを仮想化する機能やユーザインタフェースがある。

(2) ネットワークインストール機構

ソフトウェアのインストールをネットワークから行うネットブートの機能がある。WS/サーバにソフトウェアをインストールする場合、基本ソフトウェアをロードするブート OS を含めてすべてネットワークからロードすることが可能である。これは、WS 上のソフトウェアの組み替え/更新などの作業の能率向上に威力を発揮する。

(3) プログラムバージョン管理

分散環境下でのプログラムファイルのバージョン管理には Cedar プロジェクト²⁰⁾で開発された DF (Description File) ツールが使用される。何人かでソフトウェア開発を分担し、各自がそれぞれ WS でプログラミングをする場合には、各自のプログラムは独立して更新されてゆき、一貫性が維持できなくなる。DF ツールは、絶えず FS に置かれているプログラムファイルと各自のローカルなバージョンとの一貫性維持と管理の機構を提供するものである。プログラマは、DF ファイルに一貫性の維持のための情報を規定しておくことによりコンパイルやリンケージの作業の場合、絶えず最新の管理されたプログラムファイルを利用できる。

(4) 遠隔デバック機構

ソフトウェアトラップが WS 上の常駐型システム*で発生するとその時点での仮想記憶全体の状態を保存したまま、他の WS からネットワークを介して遠隔

デバックをする機構がある。WS にデバックを用意できない場合でも、遠隔デバック機能を使いローカル/遠隔の区別なくデバックを行える。

(5) 遠隔プログラミング技術

RPC (remote procedure call) は、ほかの WS にあるプログラムの呼び出し(実行要求)/結果の授受があたかも自分のローカルなプログラムのように利用できる機構である。XNS では、Courier⁴⁾ と呼ばれる RPC が用意されており、ネットワークを介したプログラミングができる。また、Interlisp-D には、PUP ベース RPC が用意されており、通常のプログラミングと同様に関数を作成し、その機能をほかの WS にインストールして任意機能を実行するサーバ化が可能な機構 (EvalServer) が備わっている。

このようなネットワークに特有な機能・機構とパーソナル統合化プログラミング環境を活用したソフトウェア開発については文献^{14), 15)}を参考にされたい。

3.4 分散自律型ネットワークの特徴

ここではシステムからの視点で経験的な分散自律型ネットワークの特徴について述べる。

(1) システム進化の連続性・成長性

現在のシステムの原形は、約 5 年ほど前に Alto と JStar ベースで構築されたものであるが、その間、ネットワークシステムの規模(ホスト、利用者数)は数百倍に増えた。たとえば、物理ネットワークも 3M イーサネットから 10M イーサネットにゲートウェイを介して世代移行と機能向上を発展的に図った。また、著者が使用していた WS もこの間、数世代の変遷**を経てきている。ネットワークプロトコル (PUP → XNS) などの世代移行も、経過的な共存時代を経て漸進的な発展が図られつつある。その後、システムは 3 カ所の事業所に分離発展したが、各システムの継続性及び運用に関する連続性が確保された。この理由は、集中型システムと異なり、システムの進化が不連続で起こるのではなく、サブシステム単位で緩やかな部分進化がおこり、伝搬し、システム全体としては進化的な連続性が維持されるからである。

(2) システムアベイラビリティの特性

システムアベイラビリティ(system availability)の高さは、完全分散制御のイーサネットの特性とグレー

* システムの仮想記憶全体を利用者がログアウトした時点でファイルに保持し、再び利用者がログインするログアウトした時点のシステムの状態が完全に復元されるようなシステム、Interlisp-D や Mesa などが代表例である。

** Alto → Dolphin → Dandelion → 8080 → 1121

スフルデグラデーション (graceful degradation) の体系に基づくものである。それは、①イーサネットの受動素子という特性によって、物理ネットワーク全体がシステムダウンとなる事態が原理的に発生しない。さらに、ネットワークシステムの運用を中断することなく WS (サーバ) の新規設置/移動などが行える。②CHS サーバの多重化を行っているので論理的には CHS に関連するネットワークサービスの遂行は保証される。このように、ネットワーク管理データベースの分散/局所化を行うことにより、アクセス頻度の局所性を利用した迅速性、障害の局所化、信頼性の向上が図れる。③2 (多) 重化された CHS がなんらかの理由で同時に利用できない状況が発生しても、各 WS では、ネットワークサービスに関連しない仕事は継続して行える。このため、各自の実質的な仕事の能率に影響を与えるものではない。

(3) システムの保守・管理・運営の容易性/経済性

約 350 ホストが 10 以上のフロアにまたがり分散するシステムであるにもかかわらず、その保守・管理・運営は準専任者が一名である。システムの分散性の特性や機能 (電子メール、遠隔ログイン、ネットワークインストール機構、サーバ間での分散自律制御) を活用するとともに、管理・運営も各グループごとの分散化を図り、過度の集中による負担を軽減している。

3.5 分散ネットワーク環境の実際的な利用状況

ここでは、具体的な数値をあげ分散ネットワーク環境の実際的な利用状況の一つの側面を説明する。

(1) コンピュータ資源とプログラミング環境

(i) ワークステーション：著者の所属する研究所では、WS としては、1121 AIW* を主に利用している。計算能力は VAX 11/780 の約 1/2 以上である¹⁵⁾。一人当たりが享受できるコンピュータ能力で考えると、VAX 11/780 を 5 (10) 人で同時に利用する場合に比べて、約 2.5 (5) 倍の計算能力を享受できる。プログラミング環境としては、主に Smalltalk-80(J)¹⁶⁾ と Interlisp-D(J)¹⁷⁾ を使用している。開発用のインテグレーションマシンは研究プロジェクトの性格によるが経験的には、約 3~5 人に一台必要となる。

(ii) 共有計算資源：PS は、約 10 数人に一台の割合で使用されている。また、FS (80 MB) も約 3~

表-1 ネットワークのトラフィック特性

(本実測日数：平日 10 日間 ホスト数：350)

Traffic characteristics

評価項目	パケット数 (packets)	負荷 (kbps)	
トラフィック	1日の総パケット数	505 万	9.83×10 ⁸
	1日の総負荷 (bytes)	9.84×10 ⁸	4.21×10 ⁸
負荷	1日	最低-平均-最高 424万-505万-611万	最低-平均-最高 75-91-124 (0.75-0.91-1.23%)
	就業時 (9時~21時)	271万-340万-453万	102-138-205 (1.02-1.38-2.05%)
	1日内の1秒間最大値	331-338-348	941-1,057-1,177 (9.41-10.57-11.77%)

5 人に 1 台の割合で必要になり、現在約 4 GB 以上の共有ファイルが用意されている。CHS や MS は、利用者の数、システムの冗長構成を考慮して決める必要があるが、現在は、約 100 人に一台の割り当てで運用されている。通信サーバは 3 台稼働している (図-1 参照)。

(2) ネットワークの各種トラフィック¹⁶⁾

イーサネットのトラフィック特性に関して実際の実測データを基にその概要を述べる。

(i) 総負荷特性：一日当たりのイーサネットのトラフィックを表-1 に示す。実測データは、①平均 505 万パケット (9.83×10⁸ bytes) の伝送量、②平均負荷は 0.91%、就業時平均でも 1.38%、③大容量のファイル転送時の負荷はホスト 1 台につき 2~3% (200~300 kbps)、④人間が介在する負荷とシステムの負荷の比率は約 2 : 1、⑤平均パケット長は 195 byte、⑥ホスト当たりのパケット数は 1.44 万、である。

このように、ネットワークに流れる情報の絶対量が多いにもかかわらず、イーサネットの負荷がいかにか少ないかが分かる。また、イーサネットの伝送能力が 10 Mbits であるといっても、上位層プロトコルのオーバーヘッド、ホストの処理速度、ディスクのアクセスタイムの限界などでホスト 1 台当たりの負荷はこのような低い値に抑えられる。前記②、③の最大負荷は確率的な問題であり、総ホスト台数に正比例して増加しない。負荷がいくつも重なった高負荷時に渋滞による遅延に関しては、現状では 1 秒間サンプリングでの最大負荷が 10% (1 Mbps) 程度となっており、問題はない。さらに、システムパケットがネットワークの自律的な維持のために多数流れており、自律的な分散管理

* ハードウェアの諸元のあらまはしは、主記憶 (3.7MB)、ハードディスク (80 MB)、高解像度ビットマップディスプレイ (1024×808)、キーボード/マウス、5 インチフロッピディスク (1.1 MB)、イーサネットコントローラである。

が巧みに行われていることが分かる (④, ⑤)。

(ii) インタネットトラフィック比率: インタネットパケットによる負荷特性は, ①1日平均で0.23% (23 kbps) で1日をとおして大きな変動はない, ②インタネット接続専用線の負荷は25% (専用線の合計容量は全二重48 kbps), ③全負荷に対するインタネットパケット割合は1日平均26%, ④就業時間外の全負荷に対するインタネットパケットの負荷の割合は平均54%, であった。

このように, サブネット内におけるトラフィックが過度に局所的でなく, サブネットを越えた広域通信が日常的に行われていることが分かる。

(iii) サーバ/ワークステーション負荷分布特性: サーバトラフィックの特性としては, ①全体の92%がサーバ間とトラフィック (49%がサーバ間, 43%がサーバとWS間のトラフィック), ②WS間のトラフィックは3%, ③残り5%は一斉同報パケットである。

負荷の高いサーバは, 通信/ゲートウェイ/クリアリングハウス/メールなどである。

4. む す び

本稿では, 実際に運用されているパーソナルワークステーションが有機的にネットワーク化された分散ネットワーク環境を題材に, そのシステムとそのコミュニティの性格, 構成, 特徴, 実証的な特性, 経験的な利点に関して包括的に述べた。

現在まで, システム構築を進める過程で, 規模の拡大, システムの分離・発展, いくつかの基幹的なフレームの世代交代の波を経験してきた。また, ①蓄積された情報の上位互換性, ②システムの漸進的な進化, ③サブシステムの自律性の高さ, ④アベイラビリティの高さ, ⑤保守運用の経済性/容易性など, 改めて分散自律型ネットワークシステムの優れた特性が確認できた。

また, 特筆すべき点は, パーソナルワークステーションとそのネットワーク化という新しい環境に対して, ワークステーション文化と呼ぶにふさわしい新しいコミュニティが成立しつつある点である。

しかし, 今後, このコミュニティにおいて改善や解決しなくてはならない課題も山積みしている。主なものは, ①情報ジェルトの必要性: システムの広域化と電子化の進展のなかで情報量の指数関数的な増加が加速される環境では, 各自の情報処理能力の差がより明確に顕在化してくることも事実である。おのおの個人

としては, コミュニケーションの効率化の分だけ確実に情報の送信/受信量が増え, 情報洪水にみまわれることは必至である。②電子セキュリティシステムの強化: ワークステーション文化は, 性善説を前提としたシステム的设计思想としているために, 侵入者に対する防備には一層の配慮が必要である。③電子メールコミュニティの作法: 電子メールは手紙が電子化されたものではない。その情報の広域配布の特性, 内容の再転送能力, 情報量と質などの点で電子メールは新しいコミュニケーション手段である。その意味で, 従来の手紙や電話と異なる, 電子メールコミュニティにふさわしい作法の確立が望まれる。

本稿でその一端を紹介したワークステーションコミュニティのあり方は, 電卓, ワードプロセッサ以上の大きな影響をもたらすと思われる。その意味でシステムとの適度の距離感と開かれた多様性や社会的なアセスメントの配慮を考える必要がある。

謝辞 ネットワークの定量的なトラフィックデータをご教示いただいた, 富士ゼロックス(株)ソフトウェア技術センタの久米宏氏に深謝いたします。またこの論文をまとめる上で貴重なご議論いただいたシステム技術研究所各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Morris, J, H. Leong, J. Nichols, D. West, M, J. Satyanarayanan, M.: ANDREW: Carnegie Mellon's Computing System, Information Processing 86 Proceedings of the IFIP 10th World Computer Congress, pp. 757-768 (Sep. 1986).
- 2) Balkovitch, E. Lerman, S. and Parmalee, R. P.: Computing in Higher Education: the Athena Experience, Comm. ACM, Vol. 28, No. 11, pp. 1214-1224 (Nov. 1985).
- 3) Quarterman, J, S and Hoskins, J, C: Computer Networks, Comm. ACM, Vol. 29, No. 10, pp. 932-971 (Oct. 1986).
- 4) 上谷晃弘編: ワークステーションシリーズローカルエリアネットワークイーサネット概説一, 丸善 (1985).
- 5) 上谷晃弘編: ワークステーションシリーズJStarワークステーション, 丸善 (1986).
- 6) 上谷晃弘編: ワークステーションシリーズ統合化プログラミング環境—Smalltalk-80 と Inter-lisp-D—, 丸善 (1987).
- 7) Boggs, D. R.: Pup: An Internetwork Architecture, IEEE Trans. Comm., Vol. COM-28, No. 4, pp. 612-624 (Apr. 1980).
- 8) Birrell, A. D. et al.: Grapevine: An Exercise

- in Distributed Computing, Comm. ACM, Vol. 25, No. 4, pp. 260-274 (Apr. 1980).
- 9) Geschke, C. et al.: Early Experience with Mesa, Comm. ACM, Vol. 20, No. 8, pp. 540-553 (Aug. 1977).
 - 10) Redell, D. et al.: Pilot: An Operating System for a Personal Computer, Comm. ACM, Vol. 23, No. 2, pp. 81-92 (Feb. 1980).
 - 11) Goldberg, A.: Smalltalk-80: The Interactive Programming Environment, Addison-Wesley (1984) (邦訳: Smalltalk-80~対話形プログラミング環境, 相磯秀夫監訳, オーム社 (1986)).
 - 12) Sheil, B.: Power Tools for Programmers, DATAMATION (Feb. 1983).
 - 13) 上林, 伊東, 上田: オフィスプロフェッショナルワークステーション JSTAR と統合プログラミング環境ワークステーション 1100 SIP, 情報処理, Vol. 25, No. 2, pp. 148-156 (Feb. 1984).
 - 14) 上林他: Smalltalk-80 によるゼロックスネットワークシステムの実装(I)-(V)-開発の概要-, 情報処理学会第30回全国大会論文集, 6R-5-6R-9 (Mar. 1985).
 - 15) Harseem, E. and Nelson, L.: A Retrospective on the Development of Star, Proc. of the 6th International Conference on Software Engineering, pp. 377-383 (Sep. 1982).
 - 16) 久米他: イーサネットの実測調査, 富士ゼロックステクニカルレポート, Vol. 2 (1987 発行予定).
 - 17) 上田, 池尾, 上林: J-Lisp: Interlisp-D with Japanese typing subsystem, 情報処理学会第30回全国大会論文集, 1Q-7 (Mar. 1985).
 - 18) 尾崎, 松永, 上林: プロトタイプ Smalltalk-80 J~Smalltalk-80 の日本語化についての検討, 情報処理学会第32回全国大会論文集, 5F-1 (Mar. 1986).
 - 19) Proc. of the International Symposium on Interoperable Information Systems (Feb. 1987).
 - 20) Swinehart, D, et al.: A Structural View of the Cedar Programming Environment, ACM Transactions on Programming Languages and Systems, Vol. 8, No. 4, pp. 419-490 (Oct. 1986).

(昭和61年3月6日受付)