

解説



分散開発環境

2. 分散開発環境の基盤技術†

長野 宏 宣†

1. はじめに

ソフトウェア開発の首都圏集中の限界の打開策としての地方分散化が叫ばれて久しい。ここではある程度以上の規模のソフトウェア製品の開発を想定し、ワークステーション (WS) および UNIX 関連ソフトウェアを用いた分散開発環境構築の基盤技術について概説を試みる。

筆者が主として想定する読者は、汎用機の環境を使用しているが UNIX とか WS は別世界のことだとお考えの方々から、WS の環境へ移行することを検討しているの方々までである。また、すでに UNIX の環境を活用しているが、スタンドアロンあるいは小規模のネットワーク環境で使用しているような方々にも、分散化の可能性を確認する意味で参考にならう。すでに UNIX を利用している読者には当り前のことも含めて、基本的な事項についてできるだけ今すぐ利用できる機能の利便性や効用について経験に基づいて述べる。したがって最新の技術動向の網羅的解説ではなく、LAN および WAN を活用した実用的な分散環境構築の基礎として参照していただければ幸いである。

近年 WS については、半年ごとに新機種が発表され、その性能の向上、コストダウンは種々のアナウンスによって予想はされていたものの、数年前の状況からは想像を絶すると言っても過言ではない。こういった機種、性能、UNIX の標準化などの解説は各種の技術誌に詳しいので参考文献など〔斉藤 91, 前川 90, 下山 91〕を参照していただきたい。

2. WS と UNIX 関連ソフトウェア技術

(1) WS による開発環境の構築

ソフトウェア開発環境の歴史を振り返ると、紙/カード/MT を用いたバッチ処理の時代、ホスト/ダム端末による TSS の時代、パーソナルコンピュータ (PC) による汎用機やミニコンとの垂直分散処理の時代、そして最近の WS による水平分散処理の時代に大きく区分して考えられる。この時代区分にそって、計算機資源がより自由に使用できるようになるとともに、相対的に人的費用の割合が高まり開発環境を充実させてより高い生産性を実現することが必須となってきている。

WS の導入による環境構成の変化の一つは、開発対象システムと環境とが独立した構成になりかけていることである。筆者の担当する交換ソフトウェアの開発環境では早期から環境とターゲットとが別々のクロス開発環境であった。WS の出現によってこのクロス開発環境が汎用機をターゲットとするシステムについても一般化しかけていますと筆者は受け止めている。すなわち、汎用機を使用した大規模システムにおいては、従来 PC を端末として汎用機に接続して開発から試験まで実施していた。近年は詳細設計、コーディング、単体試験までは WS 上のツールを用いて行う事例も見受けられる〔中原 91〕。

さらに一つの大規模ソフトウェアを地域に分散した拠点において並行して開発することが WS とネットワークの活用によって可能となってきた。これはコストダウンにより PC と同程度の感覚で高度な機能を有する WS を大量に導入することが現実にも可能となったことが大きな原因である。また、後で述べるように UNIX の特徴の一つがネットワーク構築の容易さにあり、分散化した拠点の接続がきわめて容易であり、種々の情報交換のための基本ツールも揃っていることも大き

† The Elements of Distributed Software Development Environments by Hironobu NAGANO (NTT Telecommunications Software Headquarters Software Engineering Department). Internet: nagano@nttwins.ntt.jp

† NTT 通信ソフトウェア本部開発支援部

な理由の一つである。

(2) 環境構築のためのソフトウェア技術

UNIX の特徴は、まずなんと言ってもバイトストリーム (文字列) のファイルインタフェースに代表されるツール間の接続性の高さであろう。汎用機の種々のファイル構成の中で、開発用のツールを作成しても機種、OS の違いがあるとデータファイルの変換だけでもひと仕事になる。UNIX ではバイトストリームによるデータファイルの交換がきわめて容易であり、機種間、OS (各種 UNIX) 間の壁がきわめて低い。しかも、標準入出力、リダイレクション、フィルタそしてシェルスクリプトなどの概念に代表される複数のツールを接続する仕掛けには事欠かない。特にシェルスクリプトは汎用機の JCL やコマンド言語に相当するが、きわめて強力な機能を有しており、一般ユーザは既存のツールとシェルスクリプトの範囲で仕事の大半が済ませられると言っても過言ではない。

次に、自前のカスタマイズができること、すなわち個人の環境構築が容易なことがあげられる。汎用機の世界では、利用者が多数である、グループ外の利用者が共同で使う、ファイルのセキュリティなどはホストの責任で保証するなどの要求条件から、OS の環境を自己流にカスタマイズすることには厳しい制約があり、開発環境としての自由度が低い。これに対して WS では一人でシステム全体を占有したり、共同で利用するにしても同じグループ間がネットワークを介した比較的疎結合な構成にできるので自由度が高い。また、UNIX にもカスタマイズのための機能が準備されている。逆に汎用機のファイルバックアップの仕掛けやセキュリティを期待すると WS の世界では操作ミスによるファイルの全消去などといった事故が生じやすいので、汎用機の世界で育った世代は、文化の違いには注意が必要である。カスタマイズについては、たとえばエディタ一つをとっても環境設定が個人別に可能な文化であり、キーボードの各キーの意味付けについても種種の設定が可能である。

さらに、ネットワークへの接続性の良さもあげて置かねばならない。イーサネットと TCP/IP という言葉はこの仕事をやる人で知らないものはないと言ってもよからう。業界の標準として普及

したファイルのシェア機構は今やディスクレスのクライアント数台に用途別サーバを配するといった構成を一般的にしている。このようなネットワークの活用法は、ビル内の LAN を越えて、高速専用線による LAN 間接続といった形態に発展しつつある。この内容については後に述べる。

大型ビットマップ画面上のウィンドウシステムは、ヒューマンマシンインタフェース (HMI) の要である。文字列を基本として発達してきた UNIX の文化が近年の CPU 性能の驚異的な向上を活用する一つの道として、グラフィクスを含めた HMI の高度化に向かっているのは、従来の専門家のための計算機からよりエンドユーザのための計算機に近づいてきたことを意味しているのかも知れない。実際、業務処理のためのメニュー画面作成のツールにも DBMS との接続などを簡便に指示できるなど高度なものも出てきており、従来時間単位で作成していた指示画面の作成が数分で済ませられる事例もある。このような HMI の基本部について、UNIX の二つの陣営による二つの業界標準が完成しかけており利用者の立場としては困り物ではあるが、反面競争によってより完成度の高い製品が短期間に安価に提供されるという利点もある。

UNIX の文化の一つの特徴は、世界をつないだネットワークの上に個人、大学、研究機関あるいは企業が作成した種々のソフトウェア (PDS: Public Domain Software など) が流通していることである。しかもこれらは一定の制限の下では無料であり、ソースコードごと利用することさえできる。その範囲はエディタなどの基本的なツールから通信機能など、UNIX の環境を使いやすくするための種々のソフトウェアに至る広がりをもつ。この文化は UNIX を WS の標準 OS にしてきた理由の一つであろう。

(3) CASE (Computer Aided Software Engineering) ツール

WS の環境を活用してソフトウェア開発を支援する種々のツールが工夫されている。近年はこれらを総称して CASE ツールと呼ぶ。CASE ツールはさらに、設計工程を中心にライフサイクルの上流を支援するものと製造/試験/保守など下流工程を支援するものとに分けられる。狭義には前者を指して CASE ツールと言うことが多い。

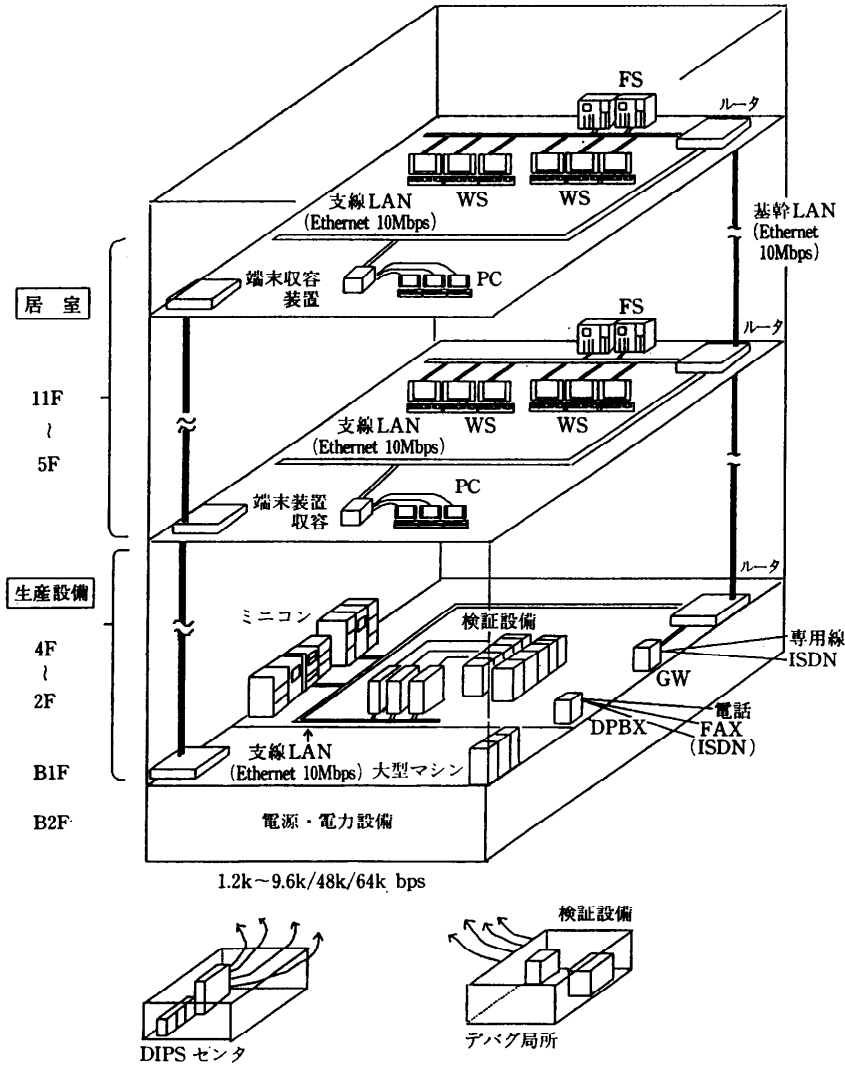


図-1 ビル内 LAN の構成事例

狭義の CASE ツールとしては、国内では処理の流れを記述するための木構造図の作成支援ツール[Aoyama 89]や、パターン化した業務処理の組合せによる定義からプログラム（主として COBOL 言語の）を生成するツール[尾崎 90]などが普及している。これに対して、米国ではデータを中心処理の関係を記述するツール[Crama 89]が発達している。先に述べたようなビットマップ画面の優れたグラフィクス機能を活用して、見やすく扱いやすい図面処理とリポジトリと称するソフトウェア開発に関するデータベースの構築を行うツールがここ数年の間に急速に普及している[情報 90]。

ただ、この分野についても種々のツールが競って販売されている状況にあり、全体の体系的な見方は一世代の時間を要すると思われる。利用者としては、WS ハードウェア/UNIX そのものを含めて、常に技術動向を把握しつつ先の見通しのあるものを選択して使用し、さらに将来の移植を見越した利用の仕方を考えるなどの防衛的な工夫が必要である。

3. ネットワークとコミュニケーション技術

(1) ネットワークの構成技術 (LAN/WAN)
UNIX の WS を接続するネットワークには、

大きく分けてビル内や工場内に閉じた LAN (Local Area Network) とそれら相互を接続する広域網 (WAN: Wide Area Network) とがある。LAN は WS やターゲット機器を相互接続して、環境を構築する基盤といってもよい。LAN の最小構成はたとえば 2 台の WS をトランシーバによって一本の同軸ケーブルに接続したものである。これによって、WS 間で UNIX の種々の通信機能が利用できるようになる。このような基本形態から発展して、大規模な開発環境の構築では、ディスクレスの WS や X 端末とファイルサーバを組み合わせたクライアントサーバモデル^[Fran 90]が経済性、作業効率、ファイル管理の単純さなどから実用に用いられている。さらにビル全体を一つのシステムとして機能させるには、LAN の容量制限や距離の制限にも注意しなければならない。このような LAN の物理媒体としてはイーサネット (Ethernet) が標準的に用いられ、この上の通信プロトコルとしては、TCP/IP や UUCP が広く使用されている。さらにこれらの上にはファイル転送/アクセス、仮想端末、遠隔実行、メール/ニュースなどのアプリケーションレベルのプロトコルが構築されている。これらのプロトコルを OSI モデルと対応させると概略は次のようになる。

OSI モデル	UNIX プロトコル
7. アプリケーション層	NFS, telnet など
6. プレゼンテーション層	XDR
5. セッション層	RPC
4. トランスポート層	TCP/UDP
3. ネットワーク層	IP
2. データリンク層	Ethernet
1. 物理層	Ethernet

ビル内を縦に貫き、各階の LAN を相互接続する LAN をバックボーン (基幹) LAN と呼ぶ。基幹 LAN はその通信容量が大量になることがあり、光ケーブルによる大容量高速化も可能であるが、FDDI (Fiber Distributed Data Interface) の最終標準化が遅れており当面は中途規格準拠製品を用いることになる。

国内で初期にこのような LAN をソフトウェアの開発に導入したのはほとんどが研究機関であったため、小グループごとに自然発生的な個別の LAN が導入され、それらを草の根的につないだ

結果、いつのまにか大規模なネットワークになっていたという事例が多いようだ。このような事例では、当初から全体構想を考えずにアメーバのように自己増殖を続けたので管理の面からはやや手に負えなくなる事例も見受けられる。最近ではビルの建築時点から LAN の設計も並行して計画している^[高橋 90]。その場合の考慮すべき事項を以下に示す。

- 接続ノード数とアドレス計画: 当初の台数と将来の拡張, WS 以外の機器の接続など。

- 利用者のグループ分け: 情報交換の多い WS をどうまとめるかはネットワーク構成上のポイントである。

- セグメント構成: 保守, 故障対策, 拡張などからビルのフロア対応にセグメントを分けるなどを考える。

- ケーブル敷設方法: 新しいビルの場合には、バックボーンとしての縦の LAN を通すためのシャフトや二重床などを当初から建築設計に盛り込んで置けばよいが、既存のビルの場合には床/天井や壁に穴をあけたり、階段を通したりといったことが必要になる。経験ではフロア内に複数の同軸ケーブルを流すようなときには、色つきのケーブルを用いて識別を容易にする、ケーブル長には余裕をもたせて増設や配置の変更にも配慮するなどが必要である。

- 機器の設置: また、リピータやルータなどのネットワーク接続に必要な機器の設置場所についても後で述べるセキュリティを意識した場所の確保が必要である。

UNIX の WS では物理層に相当する MAC (Medium Access Control) アドレスが ROM などに焼き込んで出荷される。これを守らない機器の接続はネットワーク全体の混乱を招きかねないので避けたほうがよい^[村上 89]。ネットワーク層に相当する IP (Internet Protocol) アドレスについては、他の国内外のネットワークとの接続を考える場合は、SRI-NIC から正規のアドレスを取得しなければならない^[下山 91]。

WAN を利用すれば別のビルや遠隔地の開発拠点の LAN 相互を接続して一つのネットワークシステムとして機能させることができる。すなわち、時間と空間を越えた広域インタネットを構築することができる。LAN 間接続には電気通信事

業者が提供する専用線網、パケット網、ISDN 網などの広域網を用いる。UUCP プロトコルは電話網とモデムで簡便に接続できるので、広域のネットワーク接続に広く利用されている。機能上はファイル転送と遠隔実行に制約され実行もバッチ方式となる。IP 接続では、遠隔地の他の WS をあたかも自分の属する LAN 内の WS のように使用できる反面、セキュリティについては厳重な管理が必要である。

なお、近年米国では MAN (Metropolitan Area Network) という概念で都市など地域に対応した光ケーブルによる LAN 間接続サービスが実験されている。また、現在実用化途上の広帯域 ISDN サービスなどによる LAN 間接続は、より高速の WAN 構築手段として期待される。

(2) 情報交換支援技術

電子メールと電子掲示板（ニュース）はソフトウェア開発環境における情報交換ツールの要である。

電子メールは近年盛んなパソコン通信と同様に、ネットワーク内の利用者同士が情報交換をするためのツールである。筆者の周りの経験でも、実にさまざまな利用方法がある。実例で紹介しよう。

●バグ票受付管理システム：ツールの障害申告をメールシステムを応用して効率化した事例である。申告者にはあらかじめ定型の申告メールパターンを送付しておき、実際の申告にはそのパ

ターンに記入してもらって、特定のアカウントへ送付してもらう。そこでは、メールの内容を一定のルールに従って分類し、対応するディレクトリに追加するとともに、送付元へは、受付完了のメールを自動送付する。こうすることによって、従来紙と電話に頼っていた障害受付を効率化した。

メールシステムの良さは、バッチ処理にある。従来の電話による情報交換では、相手がいないとまずだめ、いても相手のその時間を拘束する、記録が残らずトラブルのもととなる、といった厳密で正確な情報を要求するソフトウェアの開発環境にはそぐわない欠陥があった。メールではこのほかに、同報機能、特定のグループ内で相互にメールを配布するメーリングリスト機能などの便利な機能があり、グループウェア^[註水 92]の観点からも今後ますますその利用法が工夫されよう。特に開発環境では、仕事の地域分散化が課題であり、次に述べるニュース機能とともにメール機能の活用いかんがその成否を握っているとも言えよう。

電子掲示板（ニュース）システムは広く周知すべき情報を、一度に多数の人に知らせる、そのネットワーク内の意見を収集する、あるいは知恵を借りるなどグループ内の情報の共有にはきわめて有効なツールである。上述の事例に対応した情報周知システムを紹介しよう。

●バグ票処理状況の周知：上述のバグ票の状況、すなわち処置済みで出荷時期はいつ、原因が

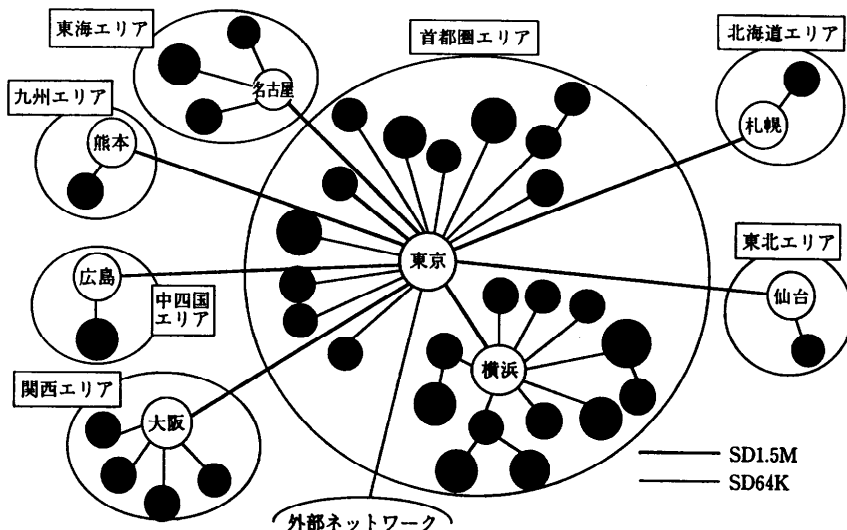


図-2 ソフト生産環境のネットワーク接続事例

判明した、原因の究明中、情報不足などの情報をタイムリに利用者に周知することに利用している。利用者はそのニュースグループを参照すれば、自分に関わるもの、他人が申告したものの状況をいながらにしてチェックできる。

ニュースでは、さまざまな話題が取り上げられるので、話題によってはグルーピングされ、さらにネットワークの構造に従って配布の範囲を限定することもできる。筆者のまわりでは、全国に分散化した拠点で一つのシステムの設計を並行して実施するための設計情報蓄積ツールとしてニュースシステムを利用する試みが始められている。

4. 分散化支援技術

分散処理では、当然であるが何を分散するかが重要となる。現状の分散処理では、データを分散して配置する、HMI を分離するなどの機能分散が一般的となっている。HMI の分離については、WS が提供する高度なグラフィクス機能および前述のクライアントサーバモデルによる対話部/処理部の機能分離により容易に実現できる。このクライアントサーバモデルを実現するプロセス間通信方式としては、RPC (Remote Procedure Call) が広く用いられている。システムリソース/プロジェクトリソースとして集中/共用すべきデータは、ファイルサーバマシン/DB マシンなど、最適な専用処理マシン (サーバ) に配置することにより、作業効率、運用・保守効率を高めることができる。しかしながら、利用者が物理的な処理マシンを意識して作業するのはきわめて煩雑である。これを解決するものに LAN/WAN などのネットワークに跨るファイル共有手段として UNIX 上の業界標準になっているネットワークプロトコルが存在している。

(1) 機能の分散化

ファイルの保管庫 (ファイルサーバ、DB サーバ)、特殊な CPU 処理 (CPU サーバ)、あるいはプリント機能 (プリントサーバ)、通信ゲートウェイ (通信サーバ) など専門機能に特化したサーバを LAN 内に接続して、手元の WS や端末から利用する形態が一般的に用いられる。従来のホストも一つのサーバと位置づけてこの中に組み込む事例もある。UNIX 文化をベースとする LAN の特徴は、必要に応じてこのようなサーバ

の追加、容量の拡大や取り外しが容易であり、こまめに実施できることである。さらに、次に述べるファイルの共有機構などのような、きわめてスムーズに各サーバ機能を WS から使いこなす仕掛けが提供されている。

(2) データの分散化

ネットワークの上に分散するファイルを論理的に一つのファイルシステムとしてアクセスできる機能として、NFS (サンマイクロ社)、RFS (AT & T) などの分散ファイルシステムがある。これらの機能により、各 WS は LAN/WAN を経由して異機種間、異なる OS 間でのファイルシステムを透過的に共有することができ、遠隔にあるファイルシステムをあたかも手元に存在するファイルシステムであるかのようにして操作することができる。しかも、ネットワーク上のデータベースの一元管理も可能となる。

5. 環境構築技術

ソフト開発環境としてのインテリジェントビルは、単なるオフィスでなく生産拠点としてのビル設計条件が求められ^[高橋 90]、以下のような生産現場に特有な環境構築の配慮が必要である。

(1) 建築上の配慮

レイアウト変更に対するフレキシビリティの確保のために二重床構造をとり、できれば先行配線を行う。経験では、トランシーバの敷設作業のためには 15 cm 程度の二重床高が最適である。トランシーバからの接続には電源、電話などを同一のコンセントボックス (アウトレット) に収容する複合コンセントを採用し、配線の集約を図る。

WS を大量に導入した環境では電源と空調が最も困難な設計事項の一つとなる。一人一台以上の WS 端末類の導入を考慮すると電源は最低でも通常のオフィスの数倍 (65 W/m^2) 程度の確保が望まれる。また、快適な開発環境を提供するには通常のオフィス環境と異なり、大量の WS やサーバマシンなどからの発熱を考慮した空調容量の設定が必須である。空調容量としては、電源容量などを考慮すると通常のオフィス環境の数倍、マシン室条件に相当する 85 W/m^2 以上が望まれる。

さらに、照明の映り込みによる視覚疲労を防止

するため、均等照度分布を実現するグレアレス照明器具の採用によって VDT 作業環境を快適なものにする。

(2) セキュリティ対策

企業戦略にかかわるソフトウェア/ハードウェアを開発しているマシン室およびオフィスの機密保護のためには、有資格者のみが入室可能なセキュリティチェックが常識となっている。近年、IC カード、非接触型カードなどの利用により、きめ細かな有資格条件の組合せや入退出操作の煩わしさを軽減したセキュリティ保護対策（セキュリティゾーン確保）を採用する例が多い。また、プロトコルモニタ装置の悪用によりネットワーク上の情報漏洩を引き越す危険性の高いネットワーク設備（ゲートウェイ、ルータ、LAN 媒体など）の設置場所そのものを明らかにしないことも重要である。

ソフトセキュリティとしては、パスワード、ファイル許可、セキュリティ監査など、アクセス権限をもつユーザのみにサービスを提供するセキュリティ機構がある。ユーザモラルの高揚によるパスワード設定、適切なファイル許可設定などの徹底化はもちろんのこと、ソフトウェア開発環境では特に以下のようなセキュリティ保護対策を講ずる必要がある^[長野 90b]。

- 電子メールおよび電子掲示板サービスとして、情報配送するルートを設定するとともにサービスを享受できるホストマシンを限定する。

- 外部ネットワークと電子メールおよび電子掲示板サービスを介して交信する際に、内部アドレスを外部に見せないようにパケットフレームヘッダ変換を施し、内部ホスト名や設備数などの機密化を図る。

- ゲートウェイ/ルータ装置などを活用してパケット上の送り元および宛先アドレスをチェックし、不要なパケットの通過制限やパケット上のサービスをチェックし、不要なサービスの通過制限を行うなどのサービス規制を実施する。

(3) 電磁対策

一般的には、電車、自動車、放送波などの都市放射雑音が各種機器に悪影響を与える確率は低いと考えられる。しかし、放送波などの電界強度が強い地域や電磁許容耐力の弱い機器類は、障害が発生することも考えられる。電磁障害により誤動

作を起こすと重大な事故を引き起こす可能性のある機器が設置される建物の開口部位置の配置や電磁シールド埋め込みガラスの導入を検討しておくことも大切である。

6. おわりに

筆者が UNIX の存在を知ったのは汎用機の環境の劣悪さに悩まされ、その改善を自らの課題と考へて、開発支援環境の体系的な整備に取り組み始めたころであった。汎用機 OS の制約からいくつかのツール間の情報引継ぎができず、OS を騙したりしながら苦勞していたとき、UNIX のバイトストリームファイルとパイプの話は、目から鱗が落ちる思いであった。UNIX 自体も、当初から汎用機のフロントエンドとしてエディタなどの HMI の統一と改善を目的として活用された。その後 WS からスーパーコンピュータまでの事実上の標準 OS として広く普及した。ネットワーク機能やグラフィック機能などの優れたソフトウェアが次々に提供され、今日も開発が継続されている。

近年ハードウェア性能の驚異的な進歩で、一人一台の WS の配備も実現しつつある。このような動向をふまえた本稿では UNIX をベースとする分散開発環境技術の実用化レベルの一端を紹介したが、これによってより快適で自由なソフトウェア開発環境の普及促進にすこしでも貢献できればと思う。

最後に、構成のつたなさや表現のありかたについての貴重なコメントをいただいた査読者に感謝する。また、本特集の企画から執筆内容まで、熱心に検討していただいた青山、坂下、垂水の諸氏に感謝する。

参 考 文 献

- [斉藤 91] 斉藤信男(編): ワークステーションと分散処理, コンピュートロール, Vol. 33, コロナ社 (1991).
- [前川 90] 前川 守(編): ワークステーション, 丸善 (1990).
- [下山 91] 下山智明, 城谷洋司: SUN システム管理, アスキー出版局 (1991).
- [中原 91] 中原啓一, 加藤榮護(共編): システムエンジニアリングハンドブック, オーム社 (1991).
- [村上 89] 村上健一郎: ネットワーク内に潜む事故の要因と障害発生メカニズムを追う. 日経エレクトロニクス, 7/10 号 (1989).

- [村上 90] 村上健一郎: TCP/IP によるコンピュータネットワークの構築技法, 情報処理, Vol. 31, No. 11, pp. 1586-1595 (1990).
- [垂水 92] 垂水浩幸: グループウェアのソフトウェア開発への応用, 情報処理, Vol. 33, No. 1, pp. 22-31 (1992).
- [尾崎 90] 尾崎 健, 首藤好秋, 馬野耕一: SDAS 適用技術への取組み, FUJITSU, Vol. 41, No. 5, pp. 430-437 (1990).
- [Fran 90] Francis, B.: Client/Server: The Model for the '90s, Datamation, 2/15 (1990).
- [Aoyama 89] Aoyama, M., Miyamoto, K., Murakami, N, Nagano, H. and Oki, Y.: Design Specification in Japan: Tree-Structured Charts, IEEE Software, Vol. 6, No. 2 (1989).
- [長野 90 a] 長野宏宣, 山口和幸: 交換ソフト分散開発環境の実用化, NTT R & D, Vol. 39, No. 10, pp. 1375-1384 (1990).
- [長野 90 b] 長野宏宣, 山口和幸, 澤井宗雄, 田村亮彦: 高度な通信ソフト開発環境基盤の構築, NTT R & D, Vol. 39, No. 10, pp. 1385-1394 (1990).
- [高橋 90] 高橋真澄, 藤田郁夫, 長野宏宣, 古川 稜:

ソフトウェア開発拠点を支える最新 NTT インテリジェントビル, NTT 技術ジャーナル, Vol. 2, No. 2, pp. 18-22 (1990).

[Crama 89] Crama, M.: CASE is Software Automation, Prentice-Hall, Inc. (1989).

[情報 90] 特集: CASE 環境, 情報処理, Vol. 31, No. 8, pp. 1013-1094 (1990).

(平成 3 年 9 月 30 日受付)



長野 宏宣 (正会員)

昭和 20 年生。昭和 45 年九州工業大学電子工学科卒業。同年電電公社電気通信研究所入社。一貫してソフトウェア生産技術の研究実用化に従事。現在日本電信電話(株)通信ソフトウェア本部開発支援部長。情報処理学会論文賞受賞 (57 年)。電子情報通信学会, IEEE Computer Society 各会員。

