

解説

4. システム技術



4.1 ネットワークオペレーティングシステム†

住吉孝史††

1. はじめに

ネットワークオペレーティングシステム（以下、ネットワーク OS と略す）とは、ほかのコンピュータシステムとの間でデータ通信が可能な「ネットワーク機能」を備えた OS をさす。A. S. Tanenbaum によれば¹⁾、ネットワーク OS は、分散処理を設計のベースにおいた分散オペレーティングシステム（以下、分散 OS と略す）との対比において、表-1 に示すように特徴付けられる。本稿では、このネットワーク OS について、データ通信機能を中心に、実現技術を紹介する。

2. ネットワークの形態と発展

まず、ネットワーク OS の実現技術を考える上での前提条件として、対象となるネットワークの形態をまとめる。表-2 に、初期、現在及び今後に3区分して各時期のネットワーク形態の特徴を示す。

通信形態の面から見ると、ホスト-端末間の1対N主従接続の形態から、ホスト間、ワークステーション（以下 WS と略す）間などのM対N対等接続の形態へと発展しつつある。また、これと並行して、ネットワーク内のデータ分散も、ホスト間だけでなく、ホスト-WS間及びWS同士間へと拡大しつつある。さらにユーザプログラムについても分散したデータに対応して、ホスト、WS両者で実行しかつ互いに通信することが必要となっている。

通信網の面では、企業内通信網として、初期は特定回線による接続が主で、その後公衆網（パケット交換、回線交換）による接続、現在はローカルエリアネットワーク（以下 LAN と略す）も使われた。また、外部ネットワークとしては、CAPTAIN (Character and Pattern Telephone Access), FDIC (Facimile Data Conversion and Interface Control Equipment)

† Network Operating System by Takashi SUMIYOSHI (Software Works, Hitachi, Ltd.).

†† 日立製作所ソフトウェア工場

表-1 ネットワーク OS と分散 OS

	ネットワーク OS	分散 OS
OS	各コンピュータごとに独立 OS	各コンピュータの OS はグローバル OS の一部
処理スケジュール	実行コンピュータは固定	実行コンピュータは実行時動的に割り当て
リソース	ユーザプログラムでリソースがどのコンピュータに接続しているか意識	OS がリソースの接続コンピュータを意識

をはじめとした各種の商用ネットワークが稼動中である。今後は、データと音声の結合に対応した ISDN (Integrated Services Digital Network) が登場してくる。

以上の動向を図-1 にネットワーク形態例として示す。初期の単一ホスト構成から、今後は、LAN、広域高度情報ネットワークを媒介に複数ホスト、WS が相互接続される大規模システムへと拡大していく。

3. ネットワーク OS の構成

ネットワーク OS の中で通信機能は、一般に図-2 に示す位置を占めている。

まず、回線、通信網に接して、ホスト側の窓口にあたるものが通信制御装置であり、OSI (Open Systems Interconnection) の階層に対応付けると、第1層、第2層、第3層（一部）を受けもつ。次に、ホスト内のユーザプログラムに対して、端末あるいは他ホストへのデータ送受信機能を提供するものが通信管理であり、OSI の第3層から第5層の一部に対応する。さらに、オンライン、TSS などの処理形態では、ユーザプログラムの作成負荷を軽減するため、通信管理とユーザプログラムの間に、DB/DC (Data Base/Data Communication) プログラム、TSS 管理プログラムなどが提供され、OSI の第5層から第7層に対応する機能を受けもつ。

表-2 ネットワークの形態と発展

	初期	現在	今後
通信形態	ホスト-端末間 主従接続 (1: n)	左に加えて ホスト間対等接続 ホスト-WS 間主従接続 (m: n)	左に加えて WS 間対等接続 ホスト-WS 間対等接続 (m: n)
データ分散	なし	ホスト間 ホスト-WS 間	左に加えて WS 間
ユーザプログラム間通信	なし	あり	あり
企業内通信網	なし	LAN 公衆網 (パケット, 回線)	左に加えて ISDN
主要な外部通信網	全銀ネットワーク	FDIC CAPTAIN CAFIS 公衆網 (パケット, 回線)	ISDN

LAN: Local Area Network

FDIC: Facimile Data Conversion and Interface Control Equipment

CAPTAIN: Character and Pattern Telephone Access

CAFIS: Credit and Finance Information System

ISDN: Integrated Services Digital Network

WS: Work Station

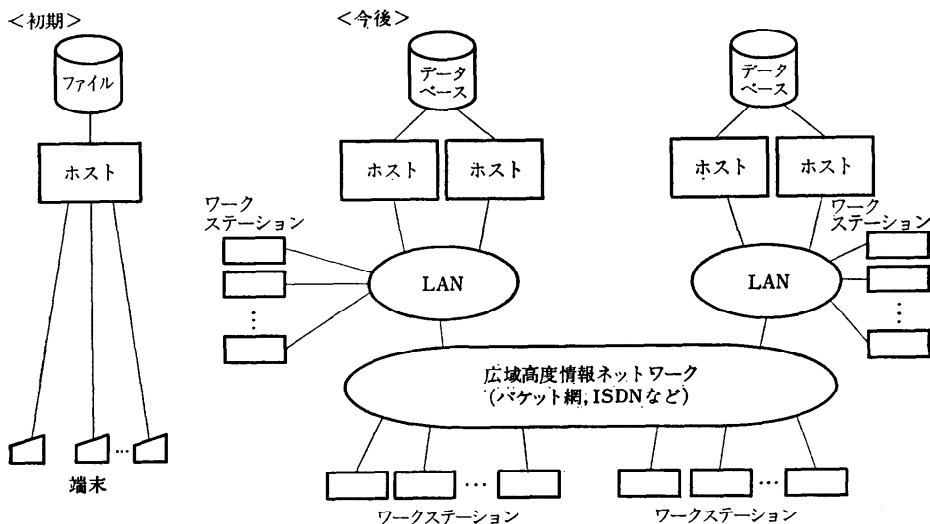


図-1 ネットワークの形態と発展

4. ネットワーク OS の実現技術

本章では、ネットワーク OS の実現技術について、データ送受信、性能、信頼性、運用の各面から、通信管理、DB/DC プログラムを中心に紹介する。

4.1 ネットワークアーキテクチャ

ネットワークアーキテクチャは、現状、ネットワークの種類に対応して、多様な考え方でおのおの独自に設定されている。図-3 に、OSI と ARM (ARPA-NET Reference Model)³⁾ 及び UNIX* 4.2 BSD (Ber-

* UNIX は AT&T ベル研の OS の名称である。

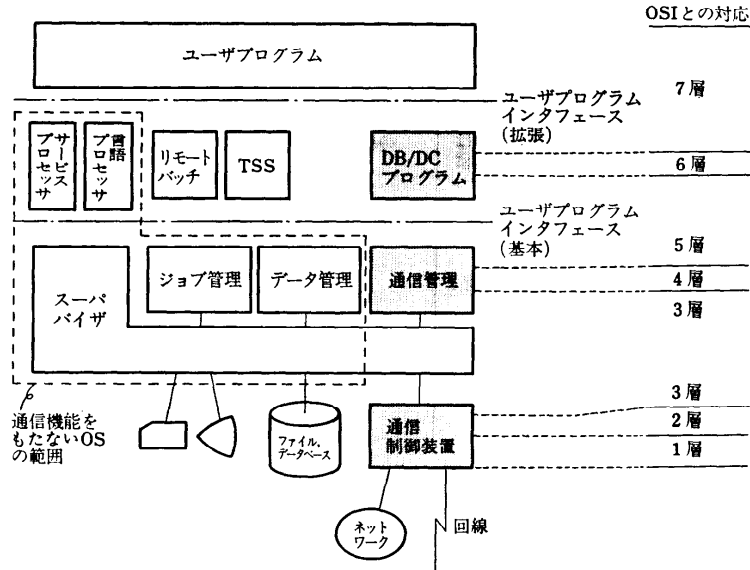


図-2 ネットワーク OS の構成

OSI	ARM (ARPANET 参照モデル)	4.2BSD 通信階層
応用層		
プレゼンテーション層	プロセス/アプリケーション層	ユーザプログラム/ライブラリ
セッション層		ソケット
トランスポート層	ホスト-ホスト通信制御層	プロトコル
ネットワーク層		
データリンク層	ネットワークインタフェース	ネットワークインタフェース
物理層	ネットワークハードウェア	ネットワークハードウェア

図-3 階層的ネットワークアーキテクチャ³⁾

key Software Distribution) の通信階層³⁾の対応関係を示す。いずれも、階層化の考え方では一致しているが、階層の数、切り方に相違がある。ARM では4階層で、OSI のセッション層以上をプロセス/アプリケーション層と位置づけている。4.2BSD の通信階層は、ARM をベースにプロセス/アプリケーション層をさらに2階層に分離したものとなっている。

アーキテクチャが多様であるようにネットワークOSの機能、方式も多様であるが、以下の章では、OSIの第1層から第7層の一部に相当する部分を実現するネットワークOSの共通基本技術を説明する。

4.2 データ送受信

ネットワークOSがデータ送受信を実現する上で最小限必要な基本機能として次の二項目がある。

- ネットワークアーキテクチャの各層プロトコルに

従ったデータ送受信制御

- ランダムに発生するデータ送受信要求の待ち合わせ制御

前者については、ネットワークアーキテクチャ自体の説明と重複するため他の論文を参照していただくこととし、本稿では、後者の機能について説明する。

データ送受信要求間の待ち合わせ要因には、次の二種がある。

- 同一宛て先に対する複数データ間の待ち合わせ
 - 同一通信路に対する複数データ間の待ち合わせ
- (1) 同一宛て先に対する複数データ間の待ち合わせ
同一宛て先に対して発生する複数のデータ間で待ち合わせを行う場合スケジューリングが必要となる。その方式として次のいずれかが用いられる。
- データの発生順に送信する方式

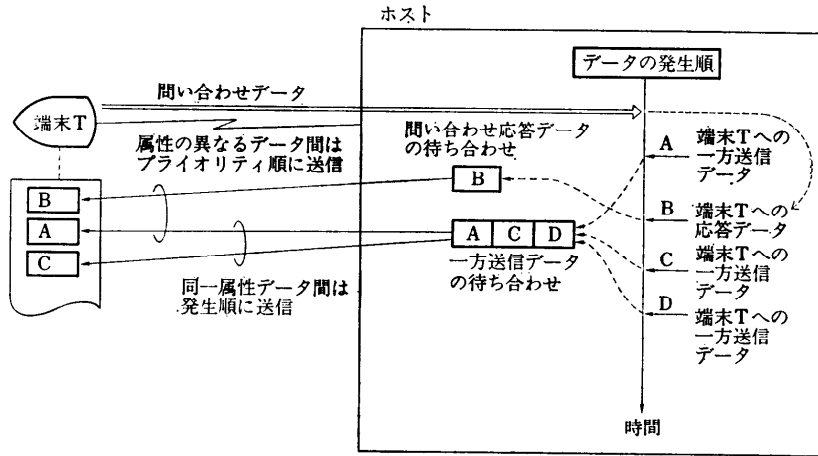


図-4 同一宛て先に対する複数データ間の待ち合わせ

●データのプライオリティ順に送信する方式

図-4に、DB/DCプログラムによるスケジュールの例を示す。図-4の例では、データのプライオリティとして、データにホストからの一方送信データと、応答データの区別を設け、応答データを優先する方式をとっている。また、同一種類のデータについては、発生順に待ち合わせ、順次送信する方式をとっている。

(2) 同一通信路に対する複数データ間の待ち合わせ

同一通信路に対して発生する複数のデータ間で待ち合わせを行う場合、一般に次のいずれかのスケジュールリングが行われる。

- データの発生順に送信する方式
- 同一通信路を共用する宛て先間で交互にデータ送信を行う方式 (ラウンドロビン方式)

図-5に、DB/DCプログラムによるスケジュールの例を示す。図-5の例では、まず、宛て先対応に発生順にデータを待ち合わせ、宛て先間で通信路を交互使用する方式をとっている。

4.3 性能向上技術

ネットワークOSの役割は、単にコンピュータシステム間のデータ送受信を行うというだけでは不十分である。ネットワークシステム内のデータ送受信を効率

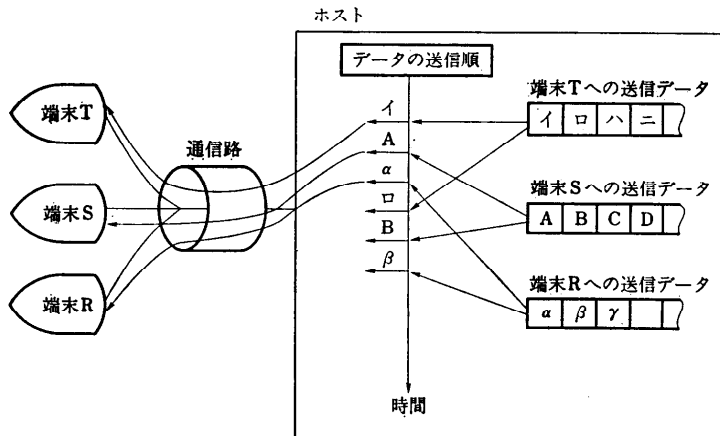


図-5 同一通信路に対する複数データの待ち合わせ

良く実現することが重要である。

データ送受信において性能を上げるには、大きく二つの方法が考えられる。

(1) 通信量の削減

通信量の削減には、送受信回数の削減及び送受信データ長の削減が必要である。データ受け取り確認の一括化、データ圧縮などの手法がある。

(2) 負荷の平準化

ネットワークシステムの負荷の平準化はホスト、回線、端末おのおのの負荷について、次の考え方で対応する必要がある。

- 負荷自体の発生、入力を制御する方法
- 与えられる負荷の範囲で効率のよい処理順を採用する方法

ホスト負荷の平準化の方法として、次の方法がある。

- ホストの負荷状況に応じたデータフロー制御
- 処理のプライオリティ、使用リソース量によるホスト内の処理実行スケジュール

また、回線、端末負荷の平準化の方法として、次の方法がある。

- 回線の負荷状況に応じたデータ送受信経路の選択
- 端末の負荷状況に応じたデータフロー制御

4.4 信頼性向上技術

ネットワーク OS として実現すべきもう一つの重要な機能は、信頼性向上機能であり、これは三つの分野に分けられる。

- データの保障

送受信されるデータの欠落、重複を防止する。

- 処理の保障

ネットワークシステムを構成するホスト、回線、端末などの障害に対して、システム全体として処理の有効無効の同期をとる。DB/DC プログラムで行う。

- ネットワーク構成の保障

障害の発生したリソースに対して、フェールセーフ、フェールソフトの考え方で、代替リソースを準備しサービス停止時間を最小にする。

(1) データの保障

送受信されるデータの重複、欠落を検知するため、一般に送受信データごとの通番管理が行われる。またデータ受信側でデータの通番チェックにより、欠落が検知されたり、端末でのデータ印字不良などによりデータの再出力が必要な場合に備えて、データ送信側は、DB/DC プログラムで通番指定によるデータ再送を可能とする必要がある。

(2) 処理の保障

ネットワークシステム内の処理の有効無効について同期をとるためには、図-6 に示す同期点という概念が必要である。図-6 は端末からホスト1とホスト2にあるデータベースを更新するトランザクション処理の例である。ここで、この処理の有効無効を切り分けるポイントは、図-6 の④である。⑥ではすでに端末に対して応答データが送信されており、処理を無効扱いにできない。

ホスト1では図-6 の④以前でなんらかの障害が発生し処理を続行できない場合、処理は無効扱いとする。すでにデータベースを更新している場合、処理実行前の状態にもどす必要があるため、あらかじめ DB/DC

プログラムでデータベース更新前にデータベースの更新前後情報を外部記憶に退避しておく。

また、④以降では、障害が発生しても処理は有効扱いとする。応答データがまだ出力されていないときは、障害修復後、DB/DC プログラムで応答データを送信する。

ホスト2については、障害発生に備えて2種の同期点が必要である。一つは、ホスト2のユーザプログラム2が終了した時点を示す仮同期点であり、図-6 の③である。もう一つは、ホスト1からの同期点設定要求を受けた時点を示す同期点であり、図-6 の⑤である。ホスト2では、障害が発生したとき処理履歴に退避してあるこれらの同期点情報に従って、次のとおり処置する。

●③以前に障害が発生した場合、トランザクション処理は無効扱いとし、更新したデータベース2は、処理履歴の情報により、更新前の状態にもどす。

●③から⑤の間で障害が発生した場合、ホスト1から、④以前か④以後かの情報をもらう。④以前であれば③以前と同じく無効扱いとする。④以後であれば⑤以降の処理を行い有効扱いとする。

●⑤以降に障害が発生した場合、有効扱いとするが、ホスト1への連絡は、ホスト1からの同期点設定要求が再度届いてから行う。

(3) ネットワーク構成の保障

ネットワーク内で障害が発生しても、ネットワーク内の通信を維持していくには、ネットワークの構成要素ごとに障害時の代替手段を用意し、ネットワーク構成を保障する必要がある。

ネットワーク構成の保障には、適用システムによりフェールセーフとフェールソフトの2レベルがある。

フェールセーフとするには、データ送受信経路、ホスト、端末などネットワークリソースの多重化が必須である。また、フェールソフトとするには、障害発生リソースの切り離し、予備リソースへの切り替えが必須機能となる。図-7 に端末障害時の DB/DC プログラムによる代行機能例を示す。

図-7 の例は、データの宛て先として、端末 T, S があり、端末 T あるいは端末 T への通信路で障害が発生したとき、端末 T への送信データを端末 S で代行して受ける方式を示している。このとき、端末 S, T 両者への送信データを端末 S 1 台に送信することになり、送信データ間のスケジュールが必要となる。これには3通りの方式がある。

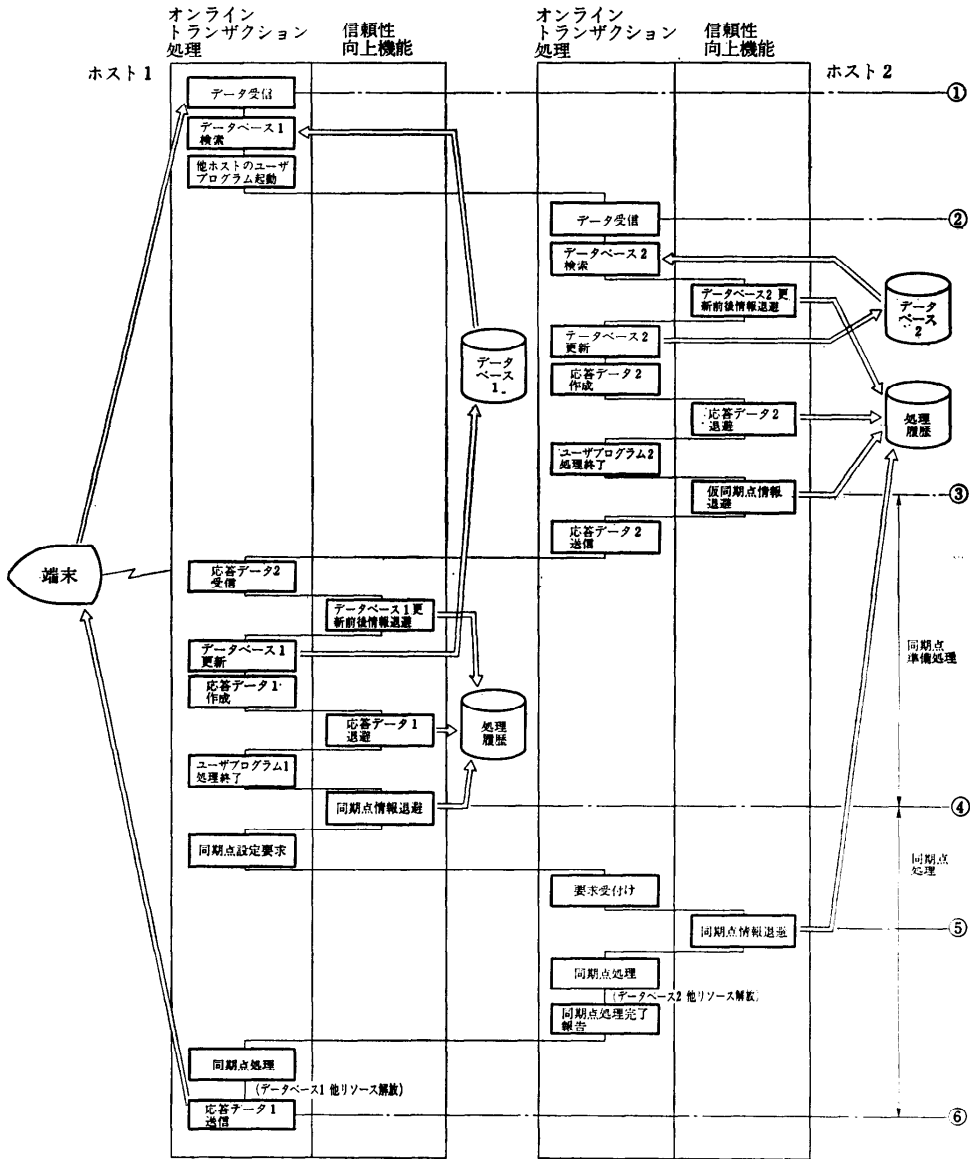


図-6 複数ホストにまたがるトランザクション処理と同期点例

- 交互送信方式……………端末 S, T 平等
- 自己データ優先方式……端末 S 宛てデータ優先
- 障害データ優先方式……端末 T 宛てデータ優先

4.5 ネットワーク運用

運用面の実現技術を見ると、大規模化、多様化するネットワークシステムを運用していくには、以下の機能が必要となる。いずれも通信管理のユーザプログラムの一つであるネットワーク管理プログラムで実現

する。

(1) 複数ホストの運転管理を一元的に行う機能
 複数ホストで構成される大規模システムでは、ホストごとの運転管理のほかに、システム全体としての運用、障害監視機能が必要である (図-8 参照)。

(2) ネットワーク構成要素の集中管理機能
 ネットワーク構成要素に関して、名称と物理的アドレスの対応、セキュリティ情報などネットワークシス

テム内で同期をとって管理する必要のある情報を集中管理する。

5. ネットワーク OS のアプリケーション

本章では、ネットワーク OS の標準的アプリケーションを紹介する (図-9 参照)。

- オンライントランザクション処理
端末あるいは他ホストからの問い合わせ応答型の処理が中心で、ファイル、応答データなどの処理結果を問い合わせ単位で保障する。

- ファイル転送
他ホストあるいは端末との間で、ファイル内容の送受信を行う機能である。

- ジョブ転送
他ホストにジョブの実行を依頼する機能でリモートバッチと呼ばれてきたものである。

以上のアプリケーションは初期のネットワーク OS から備えていたものであるが、最近では、次のようなアプリケーションも提供されるようになった。

- ファイルサービス
他ホストにあるファイルへのアクセスを可能とするもので、アクセス要求単位で有効とする方法と、一連のアクセス要求に対して同期点を設定する方法とがある。

- メールサービス
他ホスト、端末への通知データをメールボックスと呼ばれる格納媒体を用いて、データの送受信管理を行うもので、一般のメールと同様、データ送達確認、親展、複数箇所への配布などの機能をもつ。

6. ネットワーク OS 例

ネットワーク OS の例として、日立の大形 OS である VOS3/ESI と、WS の標準 OS 化しつつある UNIX について紹介する。

(1) VOS3/ESI

VOS3/ESI については、4 章、5 章で述べたネットワーク OS の実現技術項目と説明が重複するので、こ

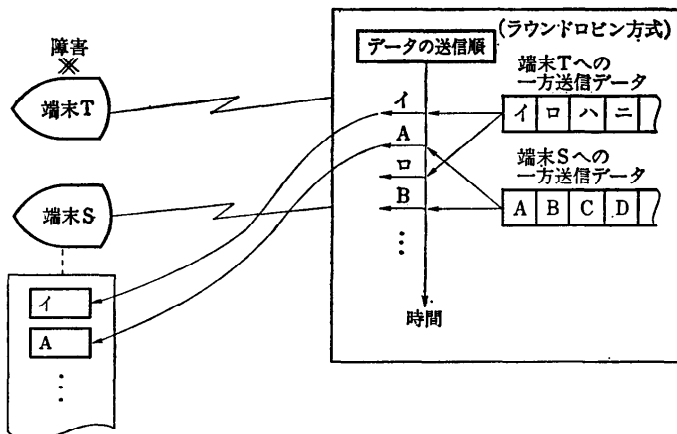
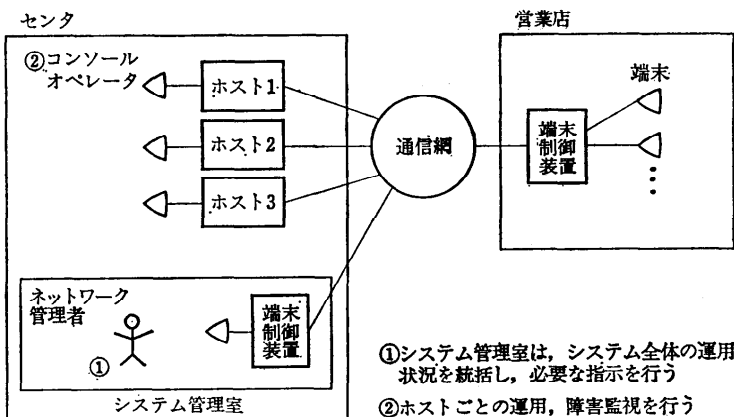


図-7 端末代行時のデータ送信例



- ①システム管理室は、システム全体の運用状況を統括し、必要な指示を行う
- ②ホストごとの運用、障害監視を行う

図-8 ネットワーク運用例

ここでは、表-3 にネットワーク OS の比較として主要な特徴のみをまとめる。

(2) UNIX (4.2 BSD)³⁾

(a) データ送受信

4 層構成の ARM (ARPANET 参照モデル) に従っており、LAN、公衆網への接続が可能である。ユーザプログラム間は、OSI のセッション層に相当するレベルで、通信の両端としてソケットという概念を用いて、データの連続転送、レコード単位の転送など数種のプロトコルにより、相互連絡できる。

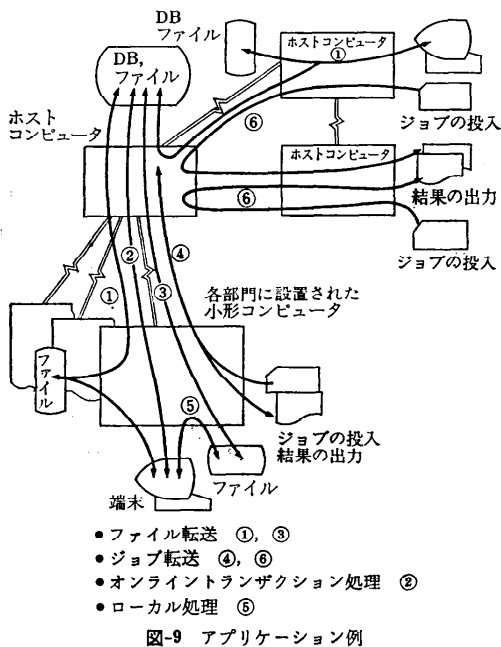
(b) 信頼性、操作性

信頼性面では、ソケットの種類の一つとして、RDM (reliably delivered message) というデータの送達保障を行うものがある。

また、操作性面では、他の UNIX システムを使用

表-3 ネットワーク OS 比較

	VOS 3/ESI	UNIX (4.2 BSD)
ネットワーク結合形態	ホスト-端末間, ホスト間の結合が可能	ホスト-端末間 UNIX システム間の結合が可能
網による接続	LAN, 公衆網 (パケット交換, 回線交換など) による接続が可能	LAN, 公衆網による接続が可能
プログラム間連絡	専用のホスト間通信プロトコル, ホスト-端末間通信プロトコルにより, ユーザプログラム間の通信が可能	OSI のセッション層に対応するレベルで, ソケットという概念を用いた数種の接続プロトコルにより, ユーザプログラム間の通信が可能
主なアプリケーション	オンライントランザクション処理, ホスト間, ホスト-端末間でファイル転送, ホスト間でジョブ転送が可能	UNIX システム間でファイル転送, ファイルサービス, リモートシェル実行などが可能



可能とするための remote login 機能を備えている。

(c) アプリケーション

UNIX システム間のファイルサービス, ファイル転送, リモートシェル実行などの機能を備えている。

7. むすび

最後にネットワーク OS が対応していくべき今後の環境動向をまとめる。

まず, ネットワークシステムの動向をみると, 以下の点に要約できる。

- システム内の WS 台数の増大
 - ホスト間, ホスト-WS 間のデータ分散化
 - 情報のマルチメディア化とデータ量の増大
- また, OSI の動向は, 第7層についても標準化検討が進み, 分散アプリケーション, トランザクション処理のために第7層サブレイヤの設定の動きもある。

このような環境の中で, ネットワーク OS は, 今後増えてくる分散アプリケーションに対応するため OSI に従った機能拡張を行いインタオペラビリティの確保をはかっていく必要があると考える。

参考文献

- 1) Tanenbaum, A.S. and van Renesse, R.: Distributed Operating Systems, ACM Computing Surveys, Vol. 17, No. 4, pp. 419-470 (1985).
- 2) Tanenbaum, A.S. et al.: Computer Networks, p. 517, Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, N. J. (1981).
- 3) Quarterman, J.S. et al.: 4.2 BSD and 4.3 BSD as Examples of the UNIX System, ACM Computing Surveys, Vol. 17, No. 4, pp. 379-418 (1985).
- 4) 樫尾次郎他: 日立ネットワークアーキテクチャ "HNA", 日立評論, Vol. 60, No. 12, pp. 853-858 (1978).
- 5) 山田邦光他: HITAC E-800/E-600 の開発と分散処理システム, 日立評論, Vol. 63, No. 5, pp. 13-18 (1981).
- 6) 戸田保一他: 野村證券株式会社における分散処理ネットワークシステム, 日立評論, Vol. 63, No. 5, pp. 27-30 (1981).
- 7) 村井 純: UNIX のネットワーク機能, 情報処理, Vol. 27, No. 12, pp. 1383-1392 (1986).

(昭和61年12月10日受付)