

ネットワークシステムの動向と日立製作所の対応

State of the Art of Communications Network Systems

情報の価値比重の高まる情報化社会にあつては、情報を対象としてその生産や流通を、効率的に行える情報流通システムとも呼ぶべき新しいシステムの実現が強い社会的要請となる。このシステムの実現に向けては、通信とコンピュータを統合する新しいネットワークシステムの技術開発が必要である。本稿では、既存の通信システム及びコンピュータシステムとの比較で新システムの概念モデルを検討し、これを実現するためのネットワークシステムの具備機能、及びアーキテクチャについて提案する。また、この方向に向けての日立製作所のネットワークシステムの開発状況を、幾つかの主要な開発システム及び技術を紹介することによって説明する。

津田順司* *Junji Tsuda*
都丸敬介** *Keisuke Tomaru*
児玉光宏*** *Mitsuhiro Kodama*

1 緒 言

現在、我が国は高度情報化社会への移行期にあると言われている。この社会は、これまでの「物」に加えて「情報」に対して新たに大きな社会的、経済的価値を認め、その価値の追求を中心とする人々の活動が盛んに行われるようになる社会であると言える。このような社会では、人々が「必要な情報」を、いつでも、どこにいても、速く、正確に入手できることが求められる。

物中心のこれまでの工業社会では、物の生産や移動、流通などが迅速かつ効率的に行える必要があり、各種の生産自動化システムや交通システム、物流システムなどが高度な発達を遂げてきた。これに対して、情報の価値比重の高まる情報化社会にあつては、情報を対象としてその生産や流通を効率的に行える情報流通システムとも呼ぶべき新しいシステムの実現が強い社会的要請となり、また、これを支える情報通信のインフラストラクチャとして、情報通信ネットワークシステム(以下、ネットワークシステム又は単にネットワークと略す。)が重要な役割を担うようになるであろうことは改めて言うまでもない。

周知のように、近年、ネットワークシステムは急速な発達を遂げ、既に世界的規模の通信サービスを行うシステムが数多く実用に供される段階に達している。ところで、これら既存のネットワークは、大別して次の2種類のものに分類される。一つは、音声や画像などアナログ情報を情報媒体とするネットワークで、電話網やファクシミリ網などがこれに該当する。他の一つは、コンピュータデータや文字、図形などいわゆるデジタル情報を対象とするネットワークである。ここでは両者を区別するため、前者を電話系ネットワークと呼び、後者をデータ系ネットワークと呼ぶことにする。

これら2種類のネットワークは、情報媒体の特性が大きく

異なり、また要求される交換方式も異なるため、これまでは別々のシステムとして開発され、発達してきた歴史的経緯を持っている。したがって、先に述べたような将来の情報流通システムの実現を目指すには、これら2種類のネットワークを統合することをまず考える必要がある。この統合化は既に始まっており、現在その第一ステップとして、デジタル化による通信網の統合化、共用化が盛んに進められている段階にある。次のステップは、システムとしての機能の統合であるが、現在、通信とコンピュータの両分野で、その方向に向けた技術開発が盛んに行われているところである。

日立製作所は、以上のような考え方に基づき、通信とコンピュータの統合を目指したネットワークシステムの開発を進めてきた。以下、日立製作所の開発経験を含めた広い立場から、ネットワークシステムの設計思想、機能概要、技術課題、開発動向などについて述べる。

2 ネットワークシステムの基本モデルと開発動向

前章で説明したように、現在、ネットワークには大別して電話系ネットワークとデータ系ネットワークの2種類がある。このうち、電話網やファクシミリ網に代表される電話系ネットワークは、普及度や実用性の点で完全に成熟期に達しており、国内はもとより世界中のどの相手とも、24時間、いつでも、自由に、通信できる段階に達している。

一方、データ系ネットワークは、コンピュータの普及に比べてネットワーク化の歴史が浅いことから、現在まだ成長の初期段階にあると言ってよい。現在のシステムは、コンピュータに接続できる端末機器の種類や数を限定し、サービスも特定のものだけを行うような閉じた形の専用システムとして実現されているものがほとんどである。しかし、これらのク

* 日立製作所システム開発研究所 ** 日立製作所ネットワークシステム推進本部 *** 日立製作所情報事業部

ロードな専用システムも、それぞれの用途分野で固有の効用を持ち、最適化が図られてきたもので、今後も、それぞれに発展を続けていくものと思われる。

これに対して、今後は任意のユーザー間あるいはユーザーとコンピュータ間で、自由な情報流通を可能とするような新しい開放形システムの必要性が高まることは間違いなく、その実現に向けていっそうの開発努力を傾注する必要がある。更に、通信とコンピュータの統合化を目指す方向では、前記2種類のネットワークの統合の問題も今後の大きな課題である。

以下では、上述の諸課題を、ユーザー ニーズやシステムの効用を重視する観点から、モデルを用いて更に具体的に説明する。

2.1 コンピュータ ネットワーク

現在、社会の至る所で生産や流通の効率化、事務処理の効率化などを目的として、コンピュータが盛んに導入され活用されるようになってきている。ここでは、これらをコンピュータシステムと総称することにする。図1に、これらコンピュータシステムに共通的な基本構成を最も簡略化した形で示す。システムは、コンピュータとそれに接続されるワークステーションやNC(数値制御)機械などの端末装置とで構成されている。通常、端末装置はそのシステムの用途目的に合わせた専用のものが使われ、また、コンピュータとの接続も固定的である。すなわち、このシステムは、その用途目的に合わせた最適構成が追求され、その結果、閉じた形の専用システムが実現されているわけである。

これら閉じた形のコンピュータシステムでネットワークの使用が考えられる主要動機は、(1) 端末装置の遠隔地設置、(2) 端末装置数が多くなったときの配線の整理、集約化及び複数システムの統合化、(3) コンピュータ センタ移転時の再配線工事の容易化、などである。このシステムでは、ネットワークはコンピュータと端末装置の間のデータの伝送路にすぎないから、これをコンピュータのシステム バスの延長として考えてシステムを設計することが可能であり、ネットワークに対する要求も、高速かつ高信頼なデータ伝送ができることが主なものとなっている。コンピュータシステムでのデータは、その発生が間欠的であるのが特徴で、高速のバースト伝送が

必要とされる。そのため、パケット交換を基本とするネットワークの使用が望ましい。具体的には、構内用としてはLAN (Local Area Network) がまず挙げられる。一方、最近、高速のデータ接続機能を備えたディジタルPBX (Private Branch Exchange) が製品化されており、OA (Office Automation) システムやインテリジェントビル用のLANとして、今後、適用が進むものと思われる。広域網については、パケット交換網の使用が基本となる。

次に、コンピュータシステムのうちでもFA (Factory Automation) システムや金融・証券オンライン システムなどのような大規模なシステムになると、複数の会社が個々のサブシステムを供給し、それらを相互接続し統合化する形で、全体システムを構築するといったことが多く行われるようになる。ここに「異種システム相互接続」の問題が発生する。異種システムの相互接続を可能にするには、なんらかの方法で通信のプロトコルを合わせる必要がある。これまでは、そのシステムで標準的なプロトコルを定め、それに合わせたり、プロトコル変換機能を持たせたりする方法で対応されてきた。これに対して、最近では、国際標準のプロトコルを制定しようとする動きが活発である。OSI^{1),2)} (Open Systems Interconnection) やFA分野を対象としたOSI準拠のMAP³⁾ (Manufacturing Automation Protocol) などがそれである。

日立製作所は、以上のコンピュータ ネットワークについては、ネットワークの高信頼化、高効率化と運用・保守の容易化を重視した開発アプローチを行ってきており、その方向で具体的には、自律分散概念^{4),5)}に基づく高信頼なネットワークアーキテクチャ、ネットワークの運用や保守を効率化するネットワーク統括管理システム、ネットワークの安全性確保のための各種セキュリティ技術などの開発を進めてきた。また、今後は、異種システムの相互接続可能化が重要であり、OSI準拠を基本方針としている。

2.2 情報通信ネットワーク

前節で述べたように、既存のコンピュータシステムは、そのほとんどが、専用の端末装置を特定のコンピュータに固定的に接続した形のコンピュータ中心形システムとして構築されている。これら既存のコンピュータシステムは、今後とも機能の高度化や効用のよりいっそうの増大を目指す方向で、

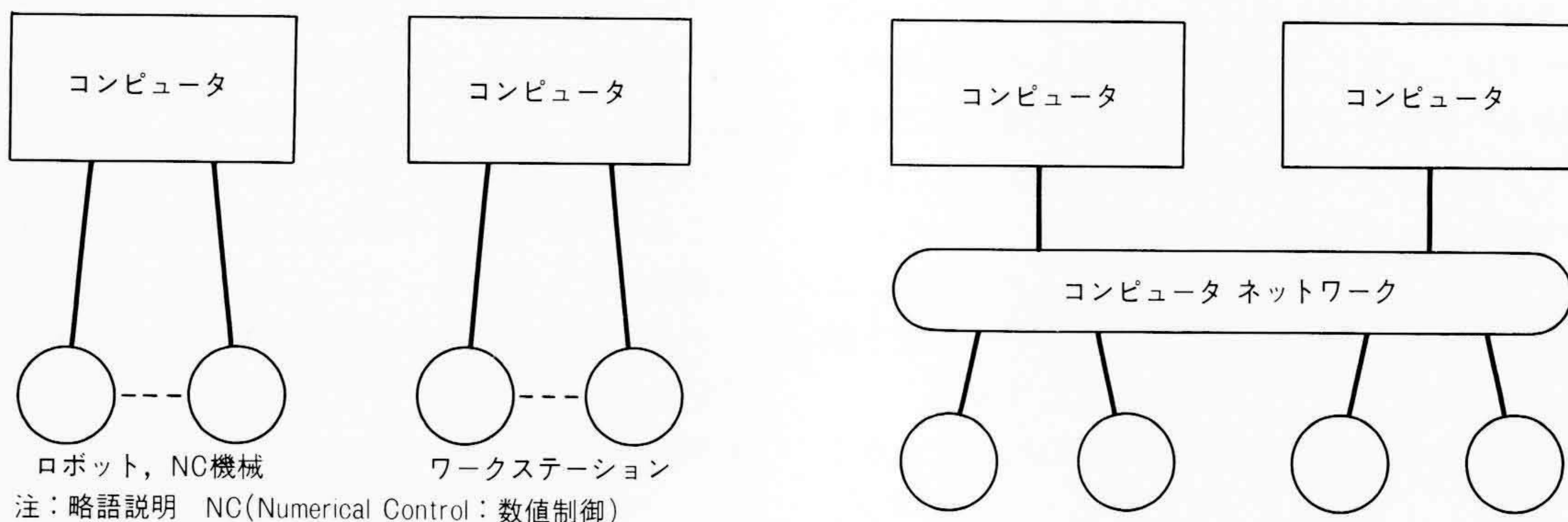


図1 コンピュータシステムの基本構成

専用の端末装置を、コンピュータに固定的に接続した閉じた形の専用システムとなっている。

この形態を保持したまま発展を続けていくものと思われる。

他方、1章で説明したような情報流通システムの実現を目指す方向では、1台の端末装置から他のコンピュータや端末装置など任意の相手と自由に通信が行えるような開放形システムを新たに開発していくことが求められている。このような開放形システムでは、コンピュータはデータ処理や計算処理、機器制御などの従来機能に加えて、新たに情報通信や情報流通にかかわる各種のサービス機能を担うことが求められる。具体的には、電子メールをはじめとして、情報保管、情報配布、情報検索・提供、情報サービスの仲介などがこのような新機能である。ここでは、このような新しい機能を実現するコンピュータを「サーバ」と呼び、従来機能のコンピュータと区別することにする。また、ネットワークシステムについては、任意の端末間、端末・サーバ間の接続を可能とする接続サービス機能と、情報の蓄積交換を可能とする情報蓄積サービス機能を、新たに実現ないしは強化することが求められる。図2に、このような新システムの概念的な構成を示す。このようなシステムによれば、ユーザーは1台の端末を使って、現在の電話と同じように任意の相手と通信することができるようになり、更にサーバと接続することによって、それらサーバが提供するメールや情報保管、情報検索などの各種情報通信サービスを利用することができるようになる。もちろん、コンピュータと接続して、それを従来と同様のコンピュータとして利用することができることは改めて言うまでもない。

次に、このような新システムを実現していくためには、これまで個別に開発され発達してきた通信とコンピュータを統合化しシステム化することが必要であり、現在、通信とコンピュータの両分野で、その方向に向けた技術開発が盛んに進められている。両分野で、現在、開発努力が傾注されている主要課題は、要約すればそれぞれ次に述べるとおりである。

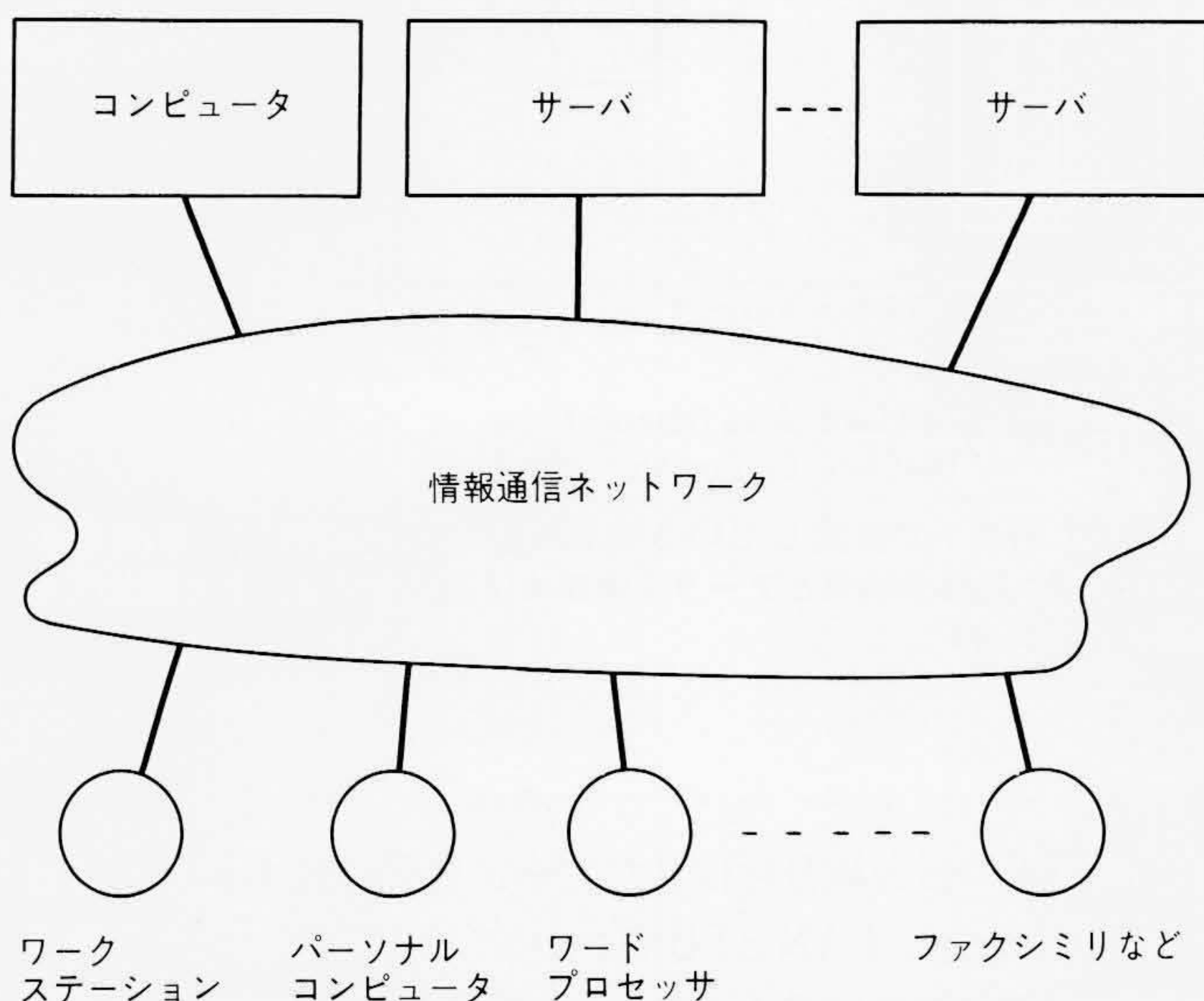


図2 情報流通システムの概念構成図 1台の端末装置から接続を切り換えて、コンピュータやサーバなど任意の相手と自由に通信が行える開放形システムの概念的な構成を示す。

(1) コンピュータ分野

コンピュータや端末装置の通信機能に関し、メーカーの異なる異種システム間の相互接続を可能にするためのOSI準拠の通信アーキテクチャ・通信ソフトウェアの技術開発、及び各種情報通信サービス機能(サーバ機能)の開発。

(2) 通信分野

電話系ネットワークとデータ系ネットワークを統合する新しいサービス総合デジタル網(ISDN⁶⁾: Integrated Services Digital Network)の開発。

ISDNは、現在、世界の各国で次世代のネットワークとして開発とフィールド実験が盛んに行われているもので、我が国でも、昭和63年3月から日本電信電話株式会社による商用サービスの開始が予定されている。ISDNは、デジタル化によって既存の各種ネットワークの機能を統合化するとともに、伝送速度を高速化した一つの新しいネットワークとして位置づけられる。本節で説明した情報流通システムについては、このISDNを利用することによって、効率が高く、また将来に向けての機能の拡張が容易なシステムの実現が可能になるものとする。以下、これについて節を改め、若干詳しく説明する。

2.3 サービス総合デジタル網(ISDN)

通信分野では、これまで高速・高効率なネットワークの実現を求める時代の要請にこたえるべく、伝送路を含めた通信網構成機器全体のデジタル化が精力的に進められてきた。最近になって、これがEnd-to-End デジタル ワンリンクを実現できる段階に達したわけで、これがISDNである。

現在は、1本の伝送線に、情報伝送用の64kbpsのBチャンネル2本(又は23本)と、主に通信制御信号の伝送に用いる16kbpsのDチャンネルを設けたいわゆる狭帯域ISDNの実用化が目指され、更に将来に向けて広帯域ISDNの研究開発が開始された段階である。図3に、ISDNの概念的な網構成を示す。ISDNによれば、これまで別々のネットワークによって送られていた音声系情報とデータ系情報とを、複数個、1本のケーブルを使って多重化し、高速に送ることができるようになる。また、伝送交換のデジタル化によって、通信処理が高速・高信頼に行えるようになり、その結果、高速で高品質の通信網を低コストで実現することができるようになる。このように、ISDNは、音声・画像・データの統合通信を可能にするもので、これを通信基盤として採用することによって、効率的高かつ実用性の高い情報流通システムの構築が可能になるものと期待される。

3 日立製作所の対応

日立製作所は、以上に説明したようなニーズ動向と技術動向に立脚し、通信とコンピュータを統合した新しい情報流通システムの実現を目指して、そのためのインフラストラクチャとなるネットワークシステムの開発を進めてきた。個々の開発システム及び技術(本文中*印で表示)の詳細については、本特集の他の論文に譲ることにし、ここでは、そのうち主要なものについて概要を紹介する。

3.1 日立企業情報ネットワーク“PLANET”*)

主として企業を対象とし、そこでのネットワーク需要にこ

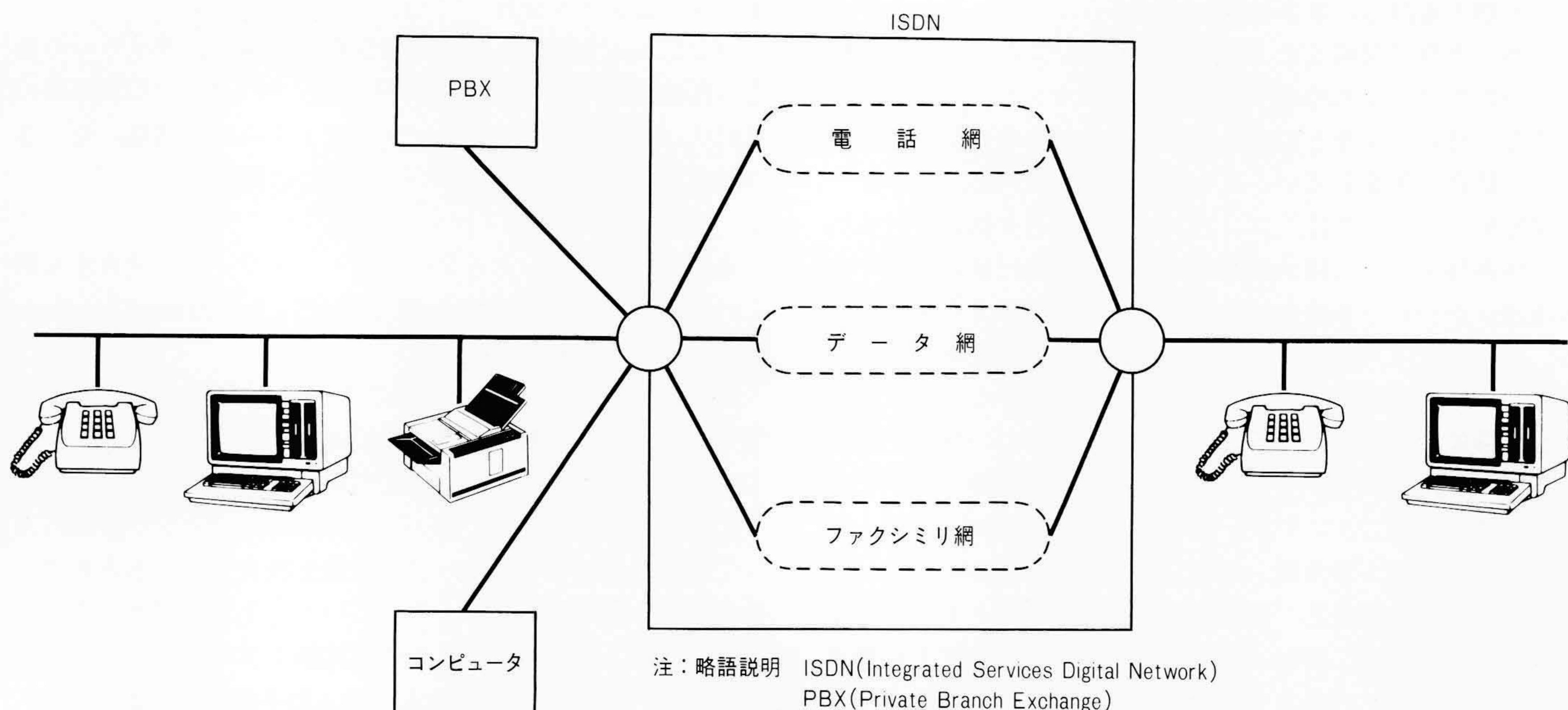


図3 ISDNの概念説明図 ISDNによれば、1本のケーブルを使って音声、画像、データの各情報を統合・多重化し、高速に伝送することができる。

たえるべく PLANET (Product Lineup for Advanced Network) と名づけた企業情報ネットワークのシステムを開発した。本システムの開発に当たっての基本方針を要約して示せば、次のとおりである。

- (1) 適用範囲は、企業内だけでなく、企業間、更には国際ネットワークにまで拡大を可能にする。
- (2) ネットワークの基幹となる回線は、高速デジタル通信網の利用を中心に考え、高付加価値ネットワークの構築を可能とする。
- (3) データ系、音声系及び画像系の各情報を統合伝送できるマルチメディアネットワークの実現を目指す。
- (4) 国内標準、国際標準*に沿ったはん(汎)用ネットワークを目指す。

PLANETのハードウェア・ソフトウェアの主要構成要素は次に述べるとおりである。

(1) ハードウェア

マルチメディア多重化装置(TDM)、デジタル交換機*(PBX)、LAN*、パケット交換システム*、衛星通信システム*など。

(2) ソフトウェア

通信管理基本ソフトウェア*、データベース・データ通信サポートソフトウェア(DB/DC: Data Base/Data Communicationシステム)、各種の通信サービス・応用ソフトウェアなど。

(3) 支援システム

ネットワーク運用管理システム*、ネットワーク構築支援システムなど。

図4に、現在のPLANETで想定しているデータ系情報と電話系情報それぞれの主な伝送経路を示す。同図からも明らかのように、現在のところ、構内ネットワークの部分について

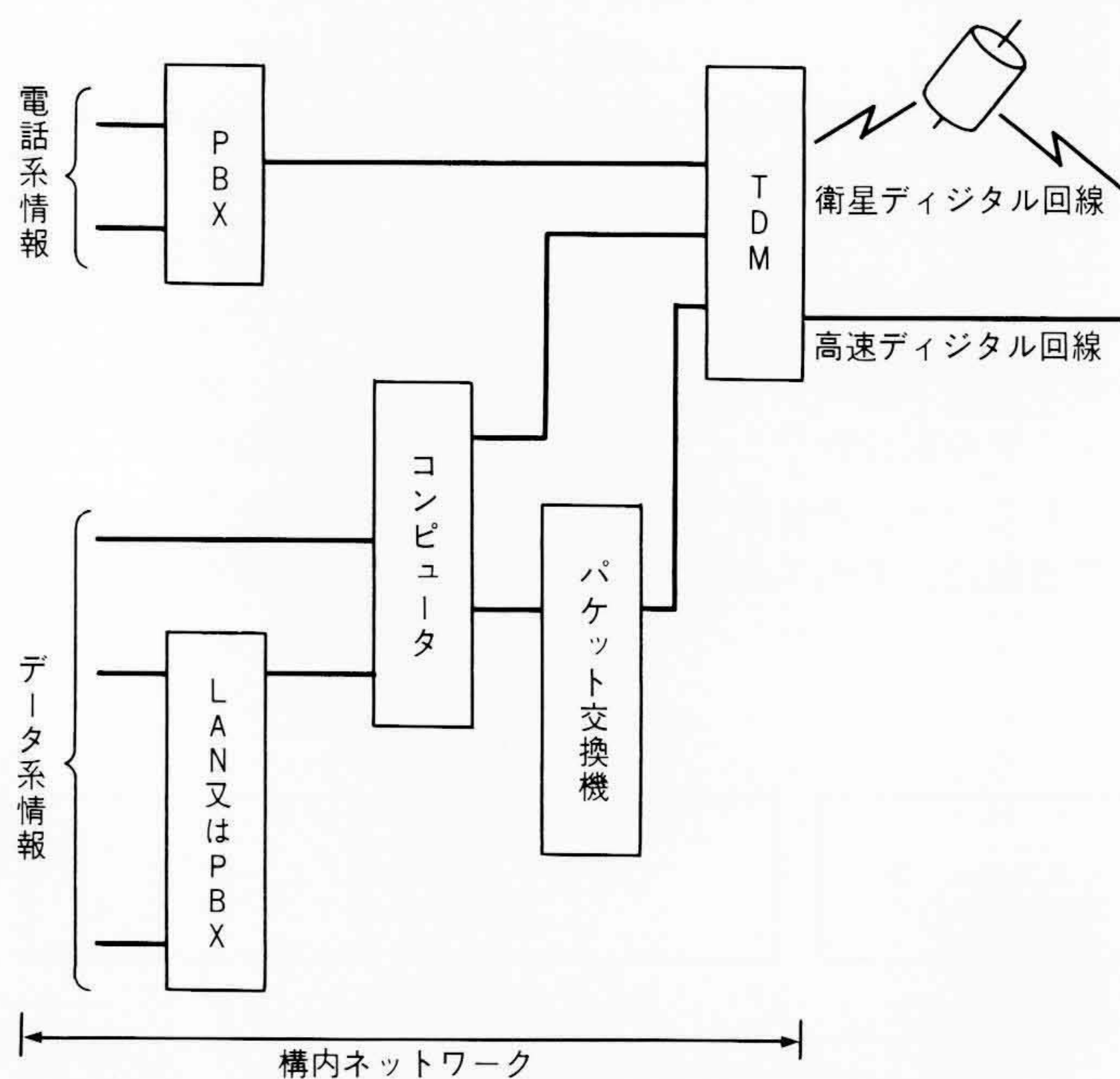


図4 PLANETで想定している情報の主な伝送経路 構内部分については、電話系情報とデータ系情報の伝送統合化は、まだ完全には実現されていない。

は、両情報の伝送統合化はまだ完全に実現されているとは言えない。しかし、LANとPBXについては、現在、その方向での機能開発を強力に進めており、一部実用化が開始された段階である。更に、PLANETでは、今後、ネットワークの基幹となる回線としてISDNの使用を可能とすべく考えており、上

記のPLANET構成要素についても、それに対応するための技術開発をそれぞれに進めている。このように、1～2年後にはPLANETの完全なマルチメディアネットワーク化が実現できる見通しである。

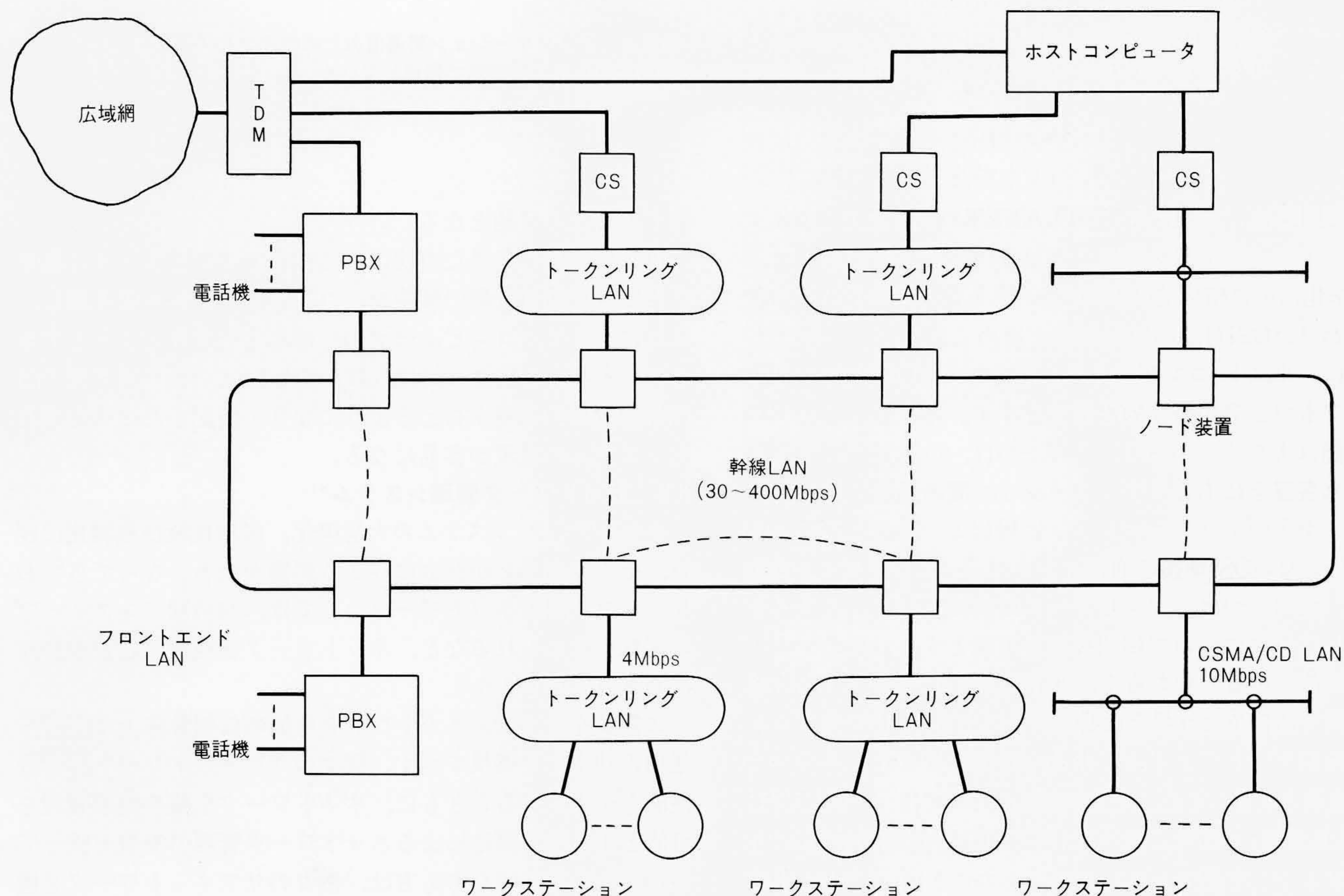
次に、PLANETでは、LAN⁷⁾とPBX⁸⁾を構内ネットワークの中核として位置づけている。これまでLANとPBXは、それぞれコンピュータシステム用及び電話交換用のネットワーク装置として、別々に開発され実用化されてきた。しかし、最近の急速な技術発達の結果、両者間の機能的・性能的差異は減少しつつあり、近い将来には、両者が一体化されたようなIVD-LAN(Integrated Voice-Data LAN)の実現が予想されている。特にPBXについては、現在、データ接続機能の開発・強化に力が入れられており、OAシステムやインテリジェントビル用の中核装置として適用していくことが考えられている。

以上は、LANとPBXの技術開発の一般的動向であるが、実際には、両者は用途目的に合わせて使い分けられ、それぞれに発展を遂げていくことになると思われる。この場合、構内ネットワークは、PBXと各種のLANを相互に接続することによって構築されることになる。PLANETでは、そのような構内ネットワークの基本モデルとして、図5に示したようなものを設定している。すなわち、国際標準の各種LAN及びPBX

をフロントエンドLAN(フロアLAN)として位置づけ、これらを高速の幹線LANによって相互接続し、統合するような階層構成のLANを、今後の構内ネットワークの基本モデルとして考えている。また、同種のLAN間の相互接続は、BR(ブリッジ)による接続を、異種LAN間の相互接続やホスト及び広域網との接続は、CS(コミュニケーションサーバ)による接続を基本として考えている。

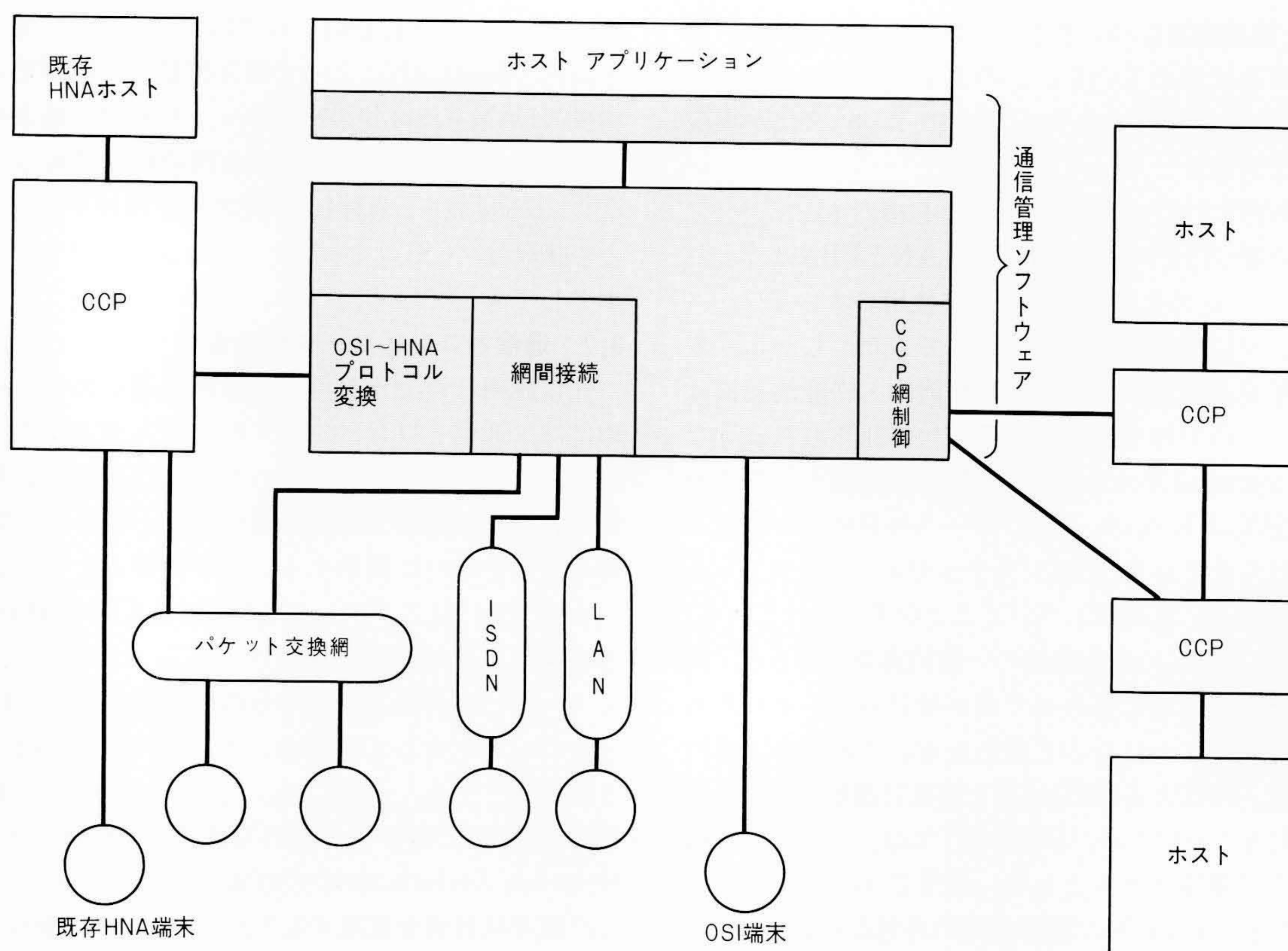
3.2 通信とコンピュータの結合⁹⁾

先に説明したような将来の情報流通システムを実現するためには、通信とコンピュータの結合方法として、従来のコンピュータ中心の固定接続形のものに代えて、必要なときに必要な相手と接続して対等な通信を行えるようにする可変接続形のものを新たに開発することが必要となる。この場合、ネットワークには、パケット交換網やLAN、PBX網、ISDNなど各種のものがあ、またコンピュータや端末装置についてもメーカーの異なる各種のものが存在することから、各種ネットワークを介しての異種システムの相互接続を実現することが必要となる。これに対して、日立製作所では、ISO(国際標準化機構)で標準化が進められているOSIをHNA(Hitachi Network Architecture)の拡張として取り込むことによって、この相互接続性を実現することとした。日立製作所では、OSI



注：略語説明 CS(Communication Server), CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

図5 PLANETにおける構内ネットワークの基本モデル 国際標準の各種LAN及びPBXをフロントエンドLANとして位置づけ、これらを幹線LANによって相互接続するとともに統合する。



注：略語説明

HNA(Hitachi Network Architecture)
OSI(Open Systems Interconnection)
CCP(Communication Control Processor)

図6 OSI対応通信管理ソフトウェアの概略構成 基本機能は、アプリケーション間通信のためのホスト アプリケーションに対する論理通信路の提供機能と、網間接続のためのゲートウェイ機能で構成している。

の優れた国際性、拡張性などがPLANETの設計思想ともよく合致するものとして高く評価しており、前記方針に沿って、OSI標準化活動に積極的に参画するとともに、標準化の進捗状況に合わせたOSI対応の製品開発を進めてきた。

図6に、ホストコンピュータを例として、OSI対応の通信管理ソフトウェアの概念的な構成を示す。本ソフトウェアの実現機能は大きく二つあり、その一つは、コンピュータあるいは端末装置上にあるアプリケーション間の通信に際し、コンピュータ上のアプリケーションに対して、通信している相手には依らないOSI準拠の通信インタフェースを提供する機能であり、他の一つは、コンピュータに接続されている幾つかのネットワークについて網間接続を可能とするためのゲートウェイ機能である。もちろん、既存のHNAホストやHNA端末との間で通信を行う場合に必要となるHNA～OSI間プロトコル変換用ゲートウェイは、後者の機能に含まれ、その一つとして実現される。また、後者の機能については、一般にCPU(中央処理装置)とは別に設けられるCCP(通信制御装置)の上で実現することを想定しているが、このことは、CPUと通信ネットワークとの明確な機能分離を意味し、したがって、CCPの通信ノードプロセッサ化を意味している。また、CCP間を専用回線で結んだCCP網を実現することによって、分散形マルチコンピュータシステムで高速のコンピュータ間通信を

現することも可能となる。

以上に説明してきた方法は、これまでコンピュータに集中されてきた通信管理の機能を、コンピュータから切り離し、これによって、コンピュータの一端末化を実現しようとするものである。このようにすれば、コンピュータ～端末間では対等分散形の通信が行えるようになり、前記したような開放形システムの実現が容易になる。

3.3 ネットワーク管理システム*)

ネットワーク システムの大規模化、広域化及び複雑化に伴い、その障害などが社会に与える影響が大きくなってきており、また、国際ネットワークなどでは、24時間ノンストップの運転が求められるなど、ネットワーク管理の重要性が急速に高まっている。

日立製作所では、ネットワーク全体の信頼性向上や操作・運用の効率化を実現すべく、個々のサブネットワークの管理機能を充実させるとともに、ネットワーク全体の統括管理を可能とする階層構造によるネットワーク管理の実現を図っている。その基本的な考え方は、個々のサブネットワークを機能別に、伝送ネットワーク、交換ネットワーク、アプリケーションネットワークの3階層に分割し、各階層対応にその階層に属するサブネットワークを統括する管理システムを設け、更に、それらの上位に統括管理システムを設けてネットワー

ク全体の管理を可能にするというものである。

PLANETでは、以上のような考えに基づき、NETM (Network Management) と名づけたネットワーク管理システムをホスト コンピュータ (VOS3: Virtual storage Operating System³) 上に実現している。もちろん、NETMのアプリケーション層プロトコルについては、OSIのネットワーク管理プロトコルに準拠した考え方を採用していることは言うまでもない。このように、現在のPLANETでは、ネットワーク管理システムをホスト コンピュータ上に実現しているが、先にも述べたように将来の方向としては、コンピュータとネットワークとは機能的に切り離していく方向であり、現在、これに対応すべく独立した専用のネットワーク管理システムの開発を進めている。

3.4 情報通信サービス システムの具体例

これまで説明してきたようなネットワーク システムを利用すれば、その上に各種の情報通信サービス システムを実現することが可能となる。このようなサービスとしては、データベースによる情報提供サービス、メール サービス、情報保管サービスなど各種のものが考えられているが、ユーザーにとっての効用という観点から、現在最も注目されているのは、オフィスのペーパーレス化に結びつくサービスであろう。具体的には、電子メールや電子掲示板、文書保管などを基本サービスとし、これらを使って実現される各種の応用サービスである。

日立製作所では、既にこの種のシステムを数多く開発し、社内で実用化するとともに顧客にも提供してきている。ここでは、そのうち代表的なものとして、パーソナルコンピュータ通信システムとシステムOA⁸⁾の二つを取り上げ、その概要を紹介する。両システムは、端末として前者がB16やS1などのパーソナルコンピュータを使用し、後者が日立クリエイティブ ワークステーション2050を使用している違いがあるが、提供している基本サービスは電子メール、電子掲示板、文書保管、データベース管理・検索の各サービスであり、共通的である。すなわち両システムは、同じ用途目的を想定したシステムである。

パーソナルコンピュータ通信システムは、ネットワークとして公衆電話網を使用しており、登録ユーザーであれば、だれでも自分のパーソナルコンピュータをこのシステムに接続してサービスを受けることができる。これに対して、システムOAのほうは、現時点では企業内での使用だけを考慮しており、その意味では閉じたシステムとなっている。またシステムOAのサーバは、現在のところすべてホスト コンピュータの上に実現されており、したがって、このホストにアクセスできる2050だけからしかシステムを利用できないという制約がある。しかし、ここで注目すべき点は、上記両システムで実現している基本サービス機能が、将来の情報流通システムの具備すべき基本機能と一致していると考えられる点である。その意味で、両システムは将来の情報流通システムの原型として見ることができ、今後その方向に向けて、大きく発展していくことが期待できる。

4 結 言

将来の情報通信ネットワークが、既存のコンピュータ ネットワークに対して新たに備えるであろう大きなシステム的特点は、要約すれば次の3点と考えられる。

- (1) 現在の電話と同様に、1台の端末から任意の相手に接続して通信することができる接続サービス機能。
- (2) 情報の蓄積機能を基本機能として備え、情報通信・情報流通に関する各種のサービスを行うサーバの実現。
- (3) 音声・画像・データを統合伝送できるマルチメディアネットワーク。

このうち、(1)と(2)を実現するには、累種システム相互接続を実現することが必ず(須)であり、簡単に言えばOSIの実用化が根本解決策である。また(3)については、明らかにISDNの実用化によって実現される。

ところで、OSIとISDNとでは、OSIがOSI参照モデルの7層全部を対象とするのに対し、ISDNは主に下位層だけを対象としている。このこともあって、ISDNの実用化時期は早く、ここ数年のうちに世界各国で商用サービスが開始される見通しである。これに対してOSIのほうは、解決すべき技術課題も多く、開発量も膨大なものになることから、完全な実用化までにはまだ相当の年月を要するものと思われる。以上のような事情を考えると、今後、上記システムは次のような発達のステップをたどると考えるのが妥当と思われる。すなわち、まず既存のコンピュータ ネットワークでISDNの有効活用が考えられ、次いでOSIの実用化の進捗に応じて、それまで同種のシステムだけを使って実現されていた上記(1)、(2)の機能が、異種システムを含むものへと徐々に拡大されていくことになろう。いずれにしても、この方向はネットワーク システムを巡る技術開発の主流方向であると考えてよく、今後、なおいっそうの開発努力が傾注される必要があると思われる。

参考文献

- 1) 信国：国際標準化活動の動向，情報処理，20，6，545～550(昭54-6)
- 2) 元岡：開放形システム間接続(OSI)の標準化，情報処理，20，12，1096～1104(昭54-12)
- 3) 小川：産業用ネットワーク，電気学会雑誌，107，5，416～419(昭62-5)
- 4) 森：自律分散概念の提案，電気学会論文誌C，104，12(昭59-12)
- 5) 井原，外：自律分散制御の交通システムへの応用，日立評論，63，11，779～784(昭56-11)
- 6) 馬渡：広域ネットワーク，電気学会雑誌，107，5，406～410(昭62-5)
- 7) 檜尾，外：ローカルエリアネットワークとその応用，日立評論，66，5，349～354(昭59-5)
- 8) 三森，外：システムOA，日立評論，68，2，95～100(昭61-2)

ホットキャリアシミュレータH²-CASTの開発とLDD構造への応用

日立製作所 濱田明美・鳥谷部 達・他1名

電子情報通信学会論文誌 J70C—7, 965～971 (昭62-7)

MOSVLSIは、3年に4倍のトレンドにのって高集積化が進められ、その基本構成要素である素子の寸法はサブミクロン領域にまで到達している。この微細素子の実現には、HC(Hot Carrier)効果などの信頼性の問題が重要となる。HC効果とは、素子内部の高電界領域で発生した高エネルギーを持つhotな電子・正孔がゲート酸化膜中に注入され、界面準位を生成したり、捕獲準位にトラップされた結果、素子特性が変動する現象である。さて、このHC効果は素子構造に依存しており、特に高耐压デバイス構造であるLDD(Lightly Doped Drain)構造で顕著となっている。そのため、HC効果の原因究明には、素子内部のキャリアの挙動を調べることが重要である。

HC注入現象をモデル化してホットキャリアシミュレータH²-CAST(Hitachi Hot-Carrier Analysis System)を開発し、本論文ではこれを用いてLDD構造での解析を行い、注入・劣化について新しい知見を得た。

注入現象には「有効電子温度モデル」を

適用した。このモデルでは、有効電子(正孔)温度という概念でキャリアの平均的エネルギーがあらわな形で式に導入されているため、温度分布を調べることでホットキャリアの発生分布も明らかとなる。また、注入されたキャリアの酸化膜中での運動も解いている。そのため、注入電流をゲート電極に到達する成分と到達しない成分に分離できる。また、観測不可能な注入領域も明らかとなる。

モデル式の妥当性を、実測されるゲート電流と、シミュレーションで求まる注入電流のゲートに到達する成分とを比べることで検討した。ゲート電流は、CHE(Channel Hot Electron)やAHC(Avalanche Hot Carrier)などのいくつかのモードに分類される。本モデルは、少なくとも上記二つのモードで有効であることが検証された。素子劣化が最大となるAvalanche発生最大の領域でも、本モデルが有効であることは劣化現象を解明する上で重要かつ新しい知見である。また、劣化には酸化膜中に注入さ

れたHCがかかわるので、注入電流の情報は重要な知見をもたらす。

応用として、LDD構造でのHC劣化を本シミュレータを用いて注入電流の観点から検討した。従来、LDD構造固有の劣化が何に起因するのかは明らかではなかった。しかし、今回の解析結果から、劣化が起きる電圧条件(Avalanche最大)では、正孔注入が起きていることが初めて明らかとなった。また、注入領域を調べることで実験結果から示唆されていた低濃度拡散層上での注入も確認された。

今後のVLSIの研究開発には、実験では確かめられない現象を、シミュレーションによって調べることがますます重要になると思われる。本シミュレータは、既に述べたMOSデバイスだけでなく不揮発性メモリ、パワーMOSにも適用可能であり、次世代の素子設計に役立つものと思われる。

銅-炭素繊維複合材料の半導体素子への適用

日立製作所 国谷啓一・荒川英夫・他4名

日本金属学会誌 50—6, 583～589 (昭61-6)

Cu-C繊維複合材料(銅-炭素繊維複合材料)は、銅の高熱伝導性及び高導電性と炭素繊維の低熱膨脹性を兼ね備えた材料であり、また、C繊維の含有量と配列を調整することによって高強度、高弾性、耐摩耗性などの特性を持つ材料となる。特に、この材料の低熱膨脹・高熱伝導特性に着目すると半導体素子に用いられているタングステン電極、モリブデン電極として代替できるばかりでなく、従来にない新構造の素子開発も期待できる。

そこで、Cu-C繊維複合材料の半導体素子への適用性を検討するため、面内で等方性の熱膨脹性を持つ渦巻状Cu-C及び網状Cu-Cの繊維複合電極を搭載した半導体素子を試作し、一連の信頼性評価試験を行った。

試作した大容量半導体素子は、Siペレット両面に渦巻状Cu-C電極をはんだ付けし、樹脂でモールドしたレジンモールド形ダイオード(1,200V, 300A)及びボタンダイオード(300V, 150A)である。また、小中容量素子は、網状Cu-C電極にSiペレットをはんだで接合することを基本とし、Cuステムを銀ろう付けしたパワートランジスタ(100V, 15A)、Cuスタッドをはんだ付けした構造のはん(汎)用ダイオード(800V, 30A)、Al₂O₃/Cuの基板をはんだ付けしたICイグナイトモジュール(300V, 6A)及びパワーモジュール(1,200V, 300A)の4種類である。これらの素子について、パワーサイクル試験($\Delta T \sim 90K$, $\sim 3 \times 10^4$ 回)、高温バイアス試験($\sim 800V$, 423K, 1,000h)、温度サイクル試験

(233～423K, ~ 800 回)、その他高温高湿試験など、素子に応じて信頼性を評価したが、いずれの素子も異常は認められず、また熱抵抗は、従来品と同等以下の値を示し良好な結果を得た。

他方、ICイグナイトモジュールを例に、Cu-C電極及びMo電極を適用した場合のはんだ疲労寿命を、多層構造ろう接部寿命予測プログラムにより比較した結果、C繊維の含有量及び種類にかかわらず、Cu-C電極適用のはんだ疲労寿命は、Mo電極適用の場合に比べてそん(遜)色のないことが分かった。

以上の計算結果からも、Cu-C繊維複合材料は、Mo電極の代替材料として各種半導体素子に適用できることを確認した。