

コンピュータ ネットワーク

谷 口 道 興

コンピュータの利用形態は新技術とともに進化するが、コンピュータ通信システムのアーキテクチャと応用もまた変化する。1960年代後半から発展してきたコンピュータネットワークも、当初の資源共有を目的として開発されてきたものがシステムの経済性、信頼性、応答性、拡張性などの領域に多くのアプローチが行われ、多様化の道をたどってきている。ここではコンピュータネットワークのうち広域コンピュータネットワークに焦点をあて、アーキテクチャおよびアプリケーションの現状を考察する。

1. 広域コンピュータネットワークの基本機能

データ通信の発達によりコンピュータシステムどうしが、オンラインで直結できるようになり、データを複数のコンピュータシステム間で、情報交換が行えるようになった。これらの各コンピュータシステムはホストと呼ばれ、自立動作が可能でほかのそれらと無関係な独自の処理も行える特徴をもつ。複数のホスト間で情報伝達をする電気通信網がサブネットである(コンピュータネットワーク)。これに対して広域コンピュータネットワークは、コンピュータネットワークにお

いて、ホストが(同一構内の電気通信設備などではない)コモンキャリアが提供する公衆電気通信設備を利用し、あるいは無線通信や衛星通信を利用して構成されたものと定義する⁽¹⁾。コンピュータネットワークの基本機能は、異なるホスト内に存在するプロセス間の情報交換の機能である。

2. 情報交換の様式

(i) プロセス間通信 互いに指定した実行中のプロセス間に、論理的な通信路を設定し、その上で互いに情報を即時的に交換する。情報交換が終了すればその通信路を解放する。

(ii) プロセスからそれが指定したプロセスへ情報を送る。相手プロセスは必ずしも実行中でなくてもよい。実行中でない場合には、いったんその情報は受信側で蓄積され、実行開始時点で受け渡される。相手プロセスは単一または複数である。

3. 論理構造と物理構成

コンピュータネットワークに関するプロトコル⁽²⁾を標準的・体系的に定めるために、ネットワークのモデル化=論理構造を定めている。これによ

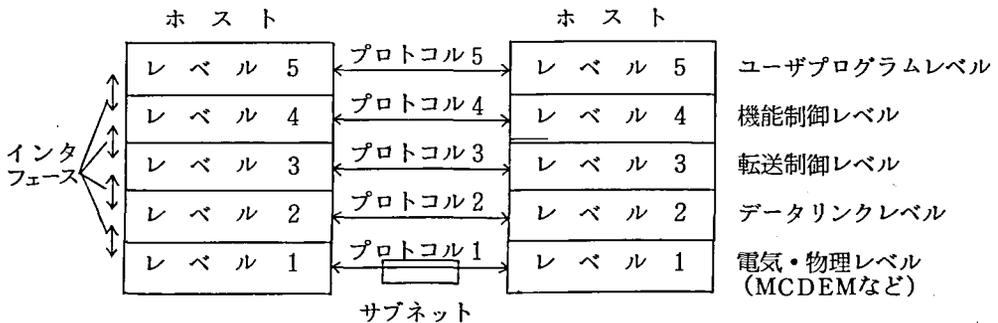
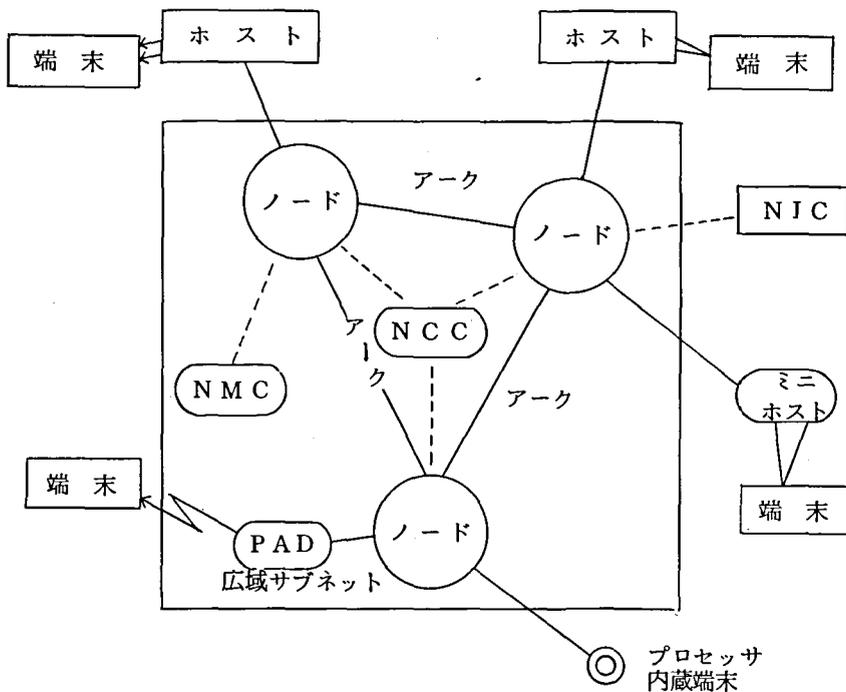


図1. 階層構造とプロトコル



- NIC：ネットワーク情報センタ⁽⁶⁾
- NCC：ネットワーク制御センタ⁽⁷⁾
- NMC：ネットワーク測定センタ⁽⁸⁾
- PAD：パケット組立分解機能⁽⁹⁾

図2. コンピュータネットワークの物理構成

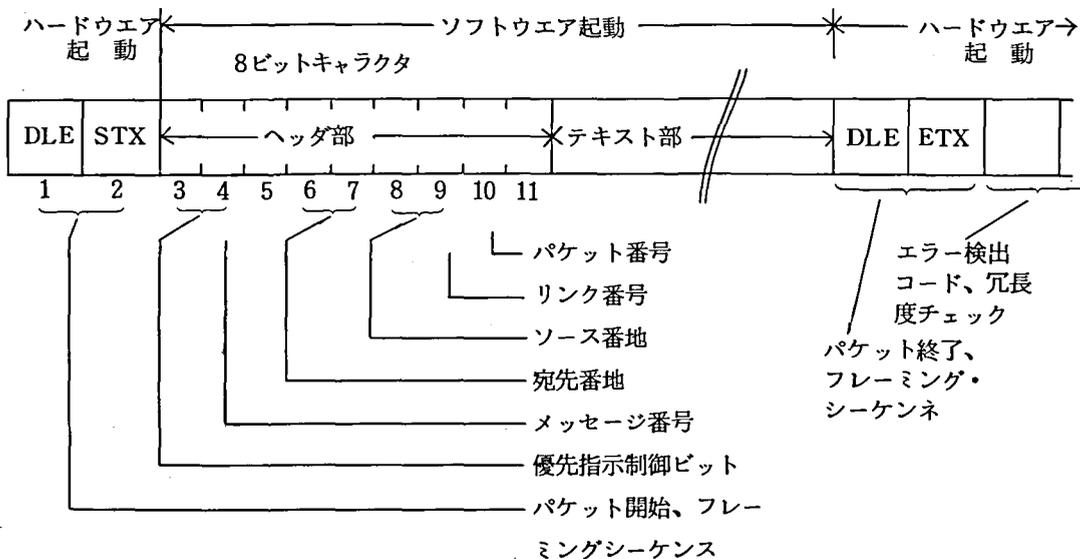


図3. 2進同期プロトコルの例⁽¹²⁾

り異種型計算機, 各種通信回線網⁽⁴⁾, 各種の端末およびアプリケーションプログラムなどのプロトコルやインタフェース⁽⁶⁾が定義可能となってくる。すなわちプロトコルに関する階層構造別整理と体系的規定, そしてインタフェースの標準規定からなる論理構造である。

コンピュータネットワークの物理的な構成要素は, 図2の如くである。このことはコンピュータと通信回線との一体化・融合性を意味するものである⁽¹⁰⁾。図2では蓄積交換機をノード, 高速伝送路をアークとするネットワークから構成される。ホストから発信される情報(メッセージ)は, 一定長⁽¹¹⁾以下のパケットを対象にする。

4. 機能と構成

4. 1 パケット交換

パケットは宛先番号, 発信番号その他の制御情報を含むヘッダ部と, その最大長があらかじめ定められたテキスト部から成る(図3)。

これより長いメッセージは, いくつかのヘッダ

部つきメッセージに分割して, 複数のパケットに納める(図4)⁽¹³⁾。

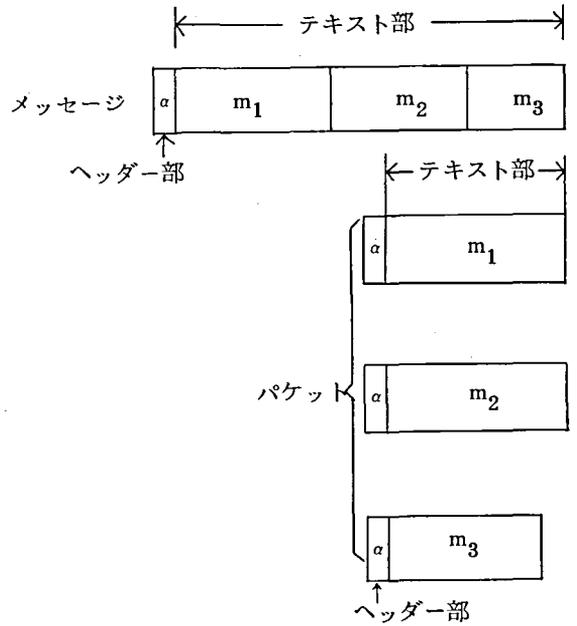
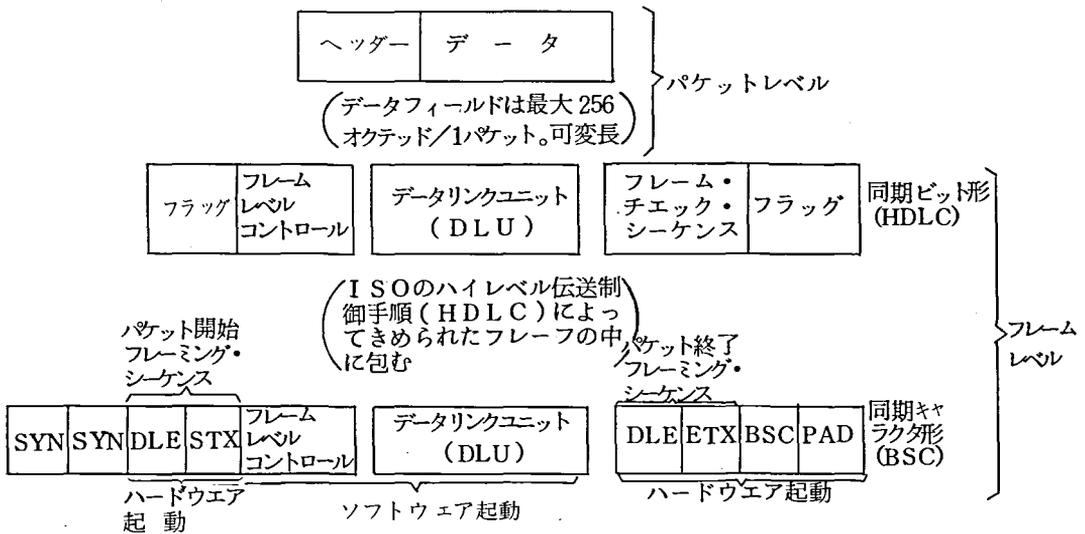


図4. メッセージとパケット



- SYN : 同期信号
- DLE : データリンク拡張
- STX : テキストのスタート。テキストまたはメッセージ開始を示すキャラクタ。
- BSC : 2進同期信号
- HDLC : 高レベルデータリンク制御

図5. パケット交換におけるパケット

つぎにパケット交換網でのメッセージの伝送に関しては、発信側の非パケット形態端末⁽¹⁴⁾から入力し、それがPADによってパケット形式となる。つづいて各々のパケットごとに、アークの状況に応じて順次転送され、宛先交換機に届く。このためアークの負荷が平均し効率が上がる。この場合、発受信者間に仮想通信路が設定され、着信は発信順となる。通信終了時点で発信側(または受信側)は、サブネットに通信路の解放要求を出す(Virtual Circuits方式)⁽¹⁵⁾。上記方式に対して、発信者からの全てのパケットが独立で、他のデータ(パケット)と無関係に伝送され、宛先に届けられる方式がDatagramsである。Virtual Circuits方式と異なり、仮想通信路は設定されない。この方式の長所は、ネットワークが単純でユーザ側に多くの融通性を与えることにある。

4. 2 広域サブネットの構成形態

(1) 公衆パケット交換網

コモンキャリアの提供するパケット交換網をサブネットとして利用し、パケット端末とサブネットのインタフェースは、CCITT 勧告 X・25⁽¹⁶⁾と「同期式ベーシック手順」が一般的である⁽¹⁷⁾。これに基づきわが国では、1980年7月からコモンキャリア(わが国の場合、国内は日本電信電話公社)による広域サブネットの構成が可能となった。その構成と特徴はつぎのようである。

① データ量に応じた従量制料金であるため、低コストで運用可能である。② 接続時間は通信料金に影響しないため、接続・切断処理の省略

が可能である。③ 通信速度は通信料金に影響しないことから、9600あるいは48KBPSの高速通信で、レスポンスタイムの短縮が可能である。④ 1本の加入者回線で、複数の端末装置と同時通信(パケット多重通信)が可能である。⑤ セキュリティは、特定通信回線と同程度に保持可能である。

サービス地域は札幌、仙台、東京、横浜、名古屋、大阪、福岡の7都市、加入申込みはコンピュータメーカー/データサービス業者が11、官庁2⁽¹⁸⁾、大学2の15ユーザ。このパケット交換サービスの開始によって、従来特定通信回線・公衆回線の利用がほとんど不可能であった中小ユーザのデータ通信への参加は確実に増大するであろう(付表-1、図8)。

一方、国際間通信に関しては、国際電信電話株式会社(KDD)の国際加入データサービスであるVENUS(Valuable and Efficient Network Utility Service)計画がある。これも上述の「パケット交換方式」を採用している。すなわち国際間に新しいパケット交換方式のデジタルデータ通信網を建設し、データやファクシミリ等の各種情報を高品質、高速度で伝送交換するとともに、ネットワークにおいて、各種付加サービスを提供しようとするものである。国内、国際の違いはあっても、電々公社の(公衆)パケット通信網とは変わらない。端末の基本的インタフェース条件は、CCITT 勧告 X・25プロトコルによるが、同一国際標準方式を採用している相手国の中でも、国によってプロトコルに微妙な違いがあり、このためプロトコルの標準化とネットワークアーキテク

チャの確立、プロトコルの整合変換技術の確立と有効なアルゴリズムの開発が必要となる。したがって、プロトコルは、機能のレベルによって、
①リンクレベル(回線接続方法等最低段階の規定)
②パケットレベル(パケットの作成方法)
③ネットワークレベル(パケットを送信するための規定)

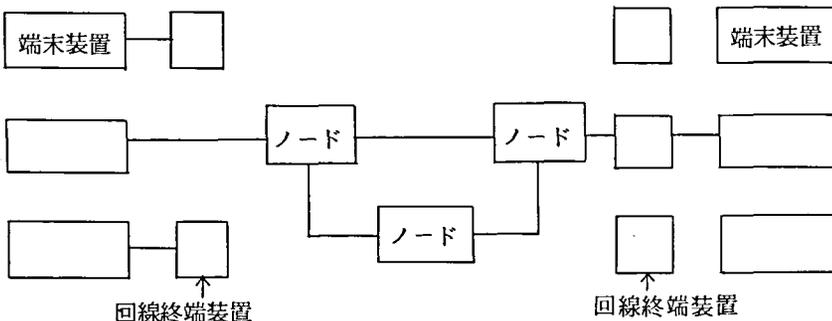
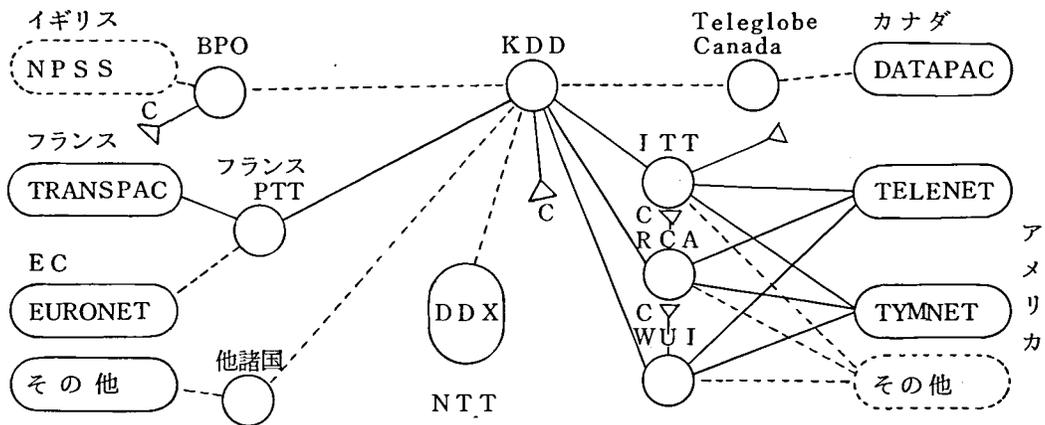


図6. パケット交換(DDX)⁽¹⁸⁾サービスの構成図



c: 国際通信集線網
 ITT: ITT World Communication Inc. —: 既存または直近.
 RCA: RCA Global Communication Inc. ···: 計画中
 WUI: Western Union International.

図7. VENUS 計画接続図

④メッセージレベル (データを相手端末に送信するための規定) の4段階にわかれる。なお実験段階での品質と端末速度は、見逃し率が 10^{-7} 程度以下、局内転送所要時間は平均0.1~0.3秒、端末速度は300~9600 bit/秒で将来目標は48 Kbit/秒。

各国の公衆パケット交換網

アメリカ:

GRAPHNET (サービス開始年1975、以下()内はサービス開始年), TELENET (1975), TYMNET (1977), AC-S (未定)

カナダ:

DATAPAC (1977)

イギリス:

PSS (1980)

フランス: TRANSPAC (1978)

西ドイツ: DATEX-P (1980)

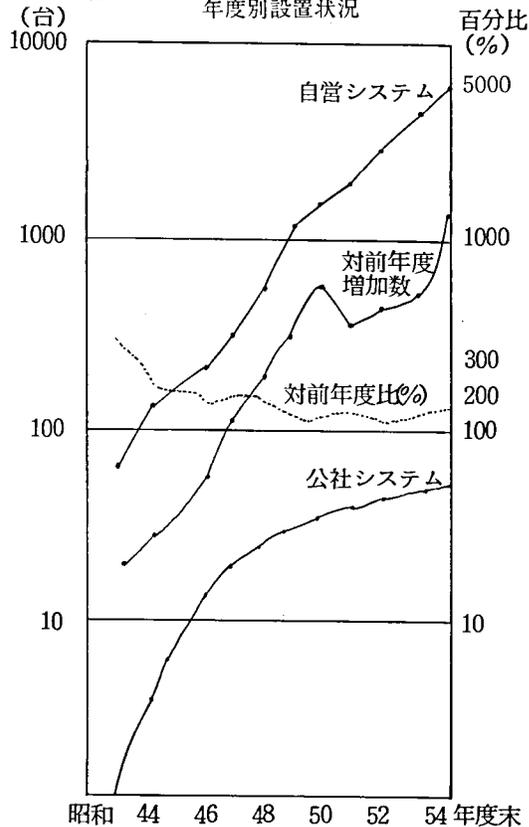
オランダ: DN-1 (1980)

EC: EURONET (1979)

(2) 衛星通信

デジタル信号を使うTDMA通信方式⁽²⁰⁾の衛星通信は、広域サブネットの構成に有効である。電話の場合、送・受信用の伝送路を分離するため

図8 国内データ通信システムの年度別設置状況



通信白書55年版 270頁
 第2-4-6表より作成

付表1 国内データ通信回線の利用状況

区別	年度別		50年度 (51年3月末)		51年度(52年3月末)		52年度(53年3月末)		53年度(54年3月末)		54年度(55年3月末)	
			回線数	対前年度比 %	回線数	対前年度比 %	回数	対前年度比 %	回線数	対前年度比 %	回線数	対前年度比 %
特定通信回線	D-1 (帯域使用)		16,346	125.5	20,509	125.1	25,658	125.1	31,392	122.3	39,236	125.0
	D-1 S (帯域使用特)		—	—	—	—	—	—	2	—	49	2450.0
	D-5 (1,200 b/s)		9,945	110.1	10,945	91.6	10,027	91.6	294	—	114	38.8
	D-7 (2,400 b/s)		1,528	172.6	2,638	174.6	4,607	174.6	95	—	99	104.2
	D-9 (4,800 b/s)		268	104.9	281	156.2	439	156.2	25	—	27	108.0
	D-13 (9,600 b/s)		—	—	—	—	—	—	0	—	—	—
	I-1 (帯域使用)		12	191.7	23	278.3	64	278.3	95	148.4	140	147.4
	I-3 (48 K b/s)		29	196.6	57	143.9	82	143.9	1	—	—	—
	J-1 (帯域使用)		0	—	0	—	4	—	4	—	7	175.0
信回線	50 b/s		*1 10,536	105.4	*1 11,103	105.0	*1 11,653	105.0	12,055	103.4	17,873	148.3
	100 b/s		*2 529	104.0	*2 550	87.6	*2 482	87.6	423	87.8	413	97.6
	200 b/s		*3 6,332	103.0	*3 6,525	91.4	*3 5,961	91.4	5,963	100.0	6,124	102.7
	1,200 b/s		—	—	—	—	—	—	10,584	—	11,353	107.3
	2,400 b/s		—	—	—	—	—	—	5,788	—	7,039	121.6
	4,800 b/s		—	—	—	—	—	—	592	—	888	150.0
計	9,600 b/s		—	—	—	—	—	—	17	—	49	288.2
	48 K b/s		—	—	—	—	—	—	92	—	104	113.0
公信衆回線			45,525	115.6	52,631	112.1	58,977	112.1	67,422	114.3	83,515	123.9
通線	電話型(おおむね1,200 b/s)		3,180	171.4	5,449	152.4	8,306	152.4	12,606	151.8	19,738	156.6
	" (50 b/s)		2,065	150.9	3,116	122.3	3,811	122.3	3,611	94.8	3,833	106.1
			5,245	163.3	8,565	141.5	12,117	141.5	16,217	133.8	23,571	145.3
合計			50,770	120.5	61,196	116.2	71,094	116.2	83,639	117.6	107,086	128.0
(参考)			43,832,950	130.3	57,101,750	128.0	73,112,400	128.0	91,235,800	124.8	116,445,000	127.6
			255,843	104.8	269,627	103.8	279,876	103.8	289,204	103.3	297,824	103.0

*1 = 1日A-1規格, *2 = 1日B-1規格, *3 = 1日C-2規格。 通信白書昭和54年, 55年版より作成

方が通話中、受信側の送信路に空きが生じるが TDMA 方式では、DSI (デジタル談話挿入) 装置を付加することで空き時間をなくし、通信効率を 2 倍に引き上げることが可能である。さらに伝送途中で符号(信号)の誤りを検出して正しい符号に訂正する技術も実用化の段階にある。またビームの指向度を高めるために、周波数 30(地上局から衛星へ向う場合)、20 ギガヘルツ(衛星から地上へ)高周波ビーム(準ミリ波)の採用によって、狭い地域に集中して送信可能なため、複数の地域に同一周波数のビームを同時送信できる。(現在までの周波数では、ビームの指向度を高めるのに限度があるため、衛星から地上局への送信は、地球を 2 つの地域に分け、それぞれに同一周波数のビームの送信だけが可能である)地上局のアンテナの直径は 1 m 程度でよい。この特徴は少ない消費電力で大量の情報が送信可能なことである⁽²¹⁾。

*

データ通信システムが広域化・多様化する中で、の広域コンピュータネットワークについて述べた。わが国の通信システムは、昭和 55 年 3 月末現在で 4668 システムが稼動している。通信回線の利用状況は、付表-1 に示す通り特定通信回線の増加率よりも、公衆通信回線の増加率が高く、今後は交換サービスの必要性が増大していくものと予想される。

一方、ネットワークアーキテクチャについてはその標準化の早期実現が問題となろう。情報処理機能の「分散化」という傾向からみても、データ通信システムは今後、広範囲にネットワーク化されることは明らかである。すでに見てきたようにセンタ、回線、端末から構成されるネットワークの構成要素間のプロトコルを標準化して相互通信を可能とし、データ通信網の最適化を図るネットワークアーキテクチャの開発が重要な課題となっている。すなわち、異機種システム間通信に関するネットワークテクチャ間の整合を図ることが課題として残っている。(未完)

註

- (1) 広域コンピュータネットワークの概念は、1968 年末からアメリカ国防省の Advanced Research Projects Agency によって、その研究開始が行われた資源共有なコンピュータネットワークの成功によって、コンピュータシステムとデータ通信システムの分野で重要な位置を占めるに至った。
- (2) ネットワークプロセスは、コンピュータネットワークの主要構成要素の一つである。これにはネットワーク内で、一意に識別できるような識別子が与えられており、相手プロセスの指定には、この識別子を用いる。
- (3) 通信規約(コンピュータ、回線網、端末から構成されるネットワークの各構成要素間の通信に関する約束ごとで、コンピュータアーキテクチャにおける命令セットと同様、情報の形式および情報に対する操作内容を規定する。
- (4) ここではデータ通信システムに限定して、電気通信回線とコンピュータおよび端末機器の設置主体の別により次の三つの形態に分けられる。
 - ① 自営システム
電々公社 (NTT) または国際電々 (KDD) が提供する電気通信回路に、民間企業等が自己のコンピュータおよび端末機器を接続して構成するシステム
 - ② 公社システムまたは会社システム
電々公社 (NTT) または国際電々 (KDD) が、電気通信回線ならびにこれに接続するコンピュータおよび端末機器を設置し、顧客にデータ通信サービスを提供するシステム。
 - ③ 私設システム
民間企業等が電気通信回線ならびにこれに接続するコンピュータおよび端末機器を設置して構成するシステム。
- (5) 物理インタフェースおよび論理インタフェース
- (6) ネットワークの短期的あるいは長期的な状態を管理・制御する。
- (7) 各ノード間で送受して、ノードやアークの障害、ルーティング(経路制御)、流量制御あるいは順序制御などの把握を行う統制・監視のための制御機能。
- (8) サブネットの性能評価のための各種測定、統計データを収集・解析する。
- (9) パケット交換方式サブネットにおいて、プロセッサをもたない端末を非パケット端末と呼び、それを広域サブネットに接続するための装置。
- (10) ホストは一般のコンピュータシステムで、ミニホストはミニコンピュータ規模のもの。ネットワークのユーザは、端末を介してネットワークにアクセスする。

プロセッサ内蔵端末は、一般にサブネットに対してホストやミニホストと同様のインタフェースで接続される。したがって原理的には、通信と全く関係のないコンピュータだけのユーザの場合は当面無関係であろう。しかし現実的には今後のコンピュータ関連製品は、すべてこの概念で製造されるであろうことを考えると無視できない問題である。

- (11) わが国の国際電々(KDD)の場合は128オクテッド、電々公社(NTT)の場合256オクテッド。
- (12) D. N. CHORAFAS : Data Communications for Distributed Information Systems(1980) P. 113 Fig. 9.4
- (13) 田畑:広域コンピュータネットワーク, 電子通信学会誌, 79年11月号。
- (14) Non Packet Mode Terminal (一般端末)
- (15) Virtual Circuits, これは logical circuits, Virtual callsと同意。
- (16) 上掲書(12), P 121 - P 184
- (17) これにより、当初から利用が見込まれる端末機器総数約3000台は、58年度には約6000台に増加する。またIBM製品の大半を含め全端末機の80%が接続可能になるとしている。「日経産業新聞 '80. 6. 17)

(18) Digital Data Exchange

(19) 電々公社では、ユーザ名は明らかにしていないが、官庁ユーザは、わが国では初めてパケット交換を利用して、オンライン情報交換ネットワークを構築したと発表した経済企画庁(FACOM 230-75)と通産省(ACOS 900 II)のネットワーク。(電波新聞 '80. 7. 31)

(20) Time Division Multiple Access, 時分割多元接続。
(21) 郵政省は、1978年5月から通信衛星「さくら」を使って「準ミリ波」に関する基本的な実験を進めてきた。(実験内容)

- ① 中継機, 成形アンテナなど衛星積載機器の特性測定。
- ② 通信方式の検討や伝送品質の評価。
- ③ 伝搬特性の測定と評価。
- ④ 多元接続技術, 車載局や離島局による回線設定実験。
- ⑤ 衛星運用管制技術に関する実験。

この結果、積載機器が所定の性能をもち、小型地上局(車載局)でも通信可能であることが確認された。またTDMA方式に関しては、衛星の回転に伴う信号品質の劣化がみられたが、これを除けばほぼ満足な結果を得た。