

解説

コンピュータ・ネットワーク用の通信網*

吉田 裕** 西山 禎彦**

1. ま え が き

本文では、コンピュータ・ネットワークとはコンピュータどうしの通信ばかりでなく、コンピュータ端末間の通信も含むネットワークと定義しておく。コンピュータ・ネットワークを形成するために利用できる既存網としては、電話網、加入電信網があるが、ここでは主として、機能、性能、経済性の面で既存網より優れた特徴を持ち得るとされるデジタル伝送、あるいはパケット伝送を用いるいわゆる新データ通信網、それも公衆データ通信網について述べる。

まず、各国の公衆データ通信網の計画について説明したあと、コンピュータ・ネットワークを形成する上で重要なパケット交換の技術的なポイントについて考えてみる。最後に、新データ通信網に関連する国際標準化活動およびそのうちとくに端末と網とのインタフェースの標準化について説明したい。

2. 新しいデータ通信網と各国の動き

現在各国で計画、建設、運用されている新しいデータ通信網¹⁾を表-1に示す。デジタル伝送およびパケット伝送が主流であるが、フランスの Caducée 網のように、当面のデータ需要に対処するため電話網と同じようなものを準備したり、西独の EDS のように、アナログ伝送で十分な方式もある。米国では、ATT、WU などのコモン・キャリアばかりでなく、特殊通信業者による網も多く、とくに伝送路をコモン・キャリアから借りてパケット交換を行なう網が多数出現しそうである。コモン・キャリアで商用パケット網を運用・計画中の国は、カナダ、フランス、スペインなどであり、実験網の計画はそれ以外の国でも持っている。

3. パケット交換の技術的なポイント

パケット伝送は、コンピュータの通信手段として適

表-1 世界各国の主要な網計画

国名	機関	システム名	速度クラス (b/S)	伝送方式	備考
米国	ATT	DDS	2.4 k, 4.8 k, 9.6 k, 56 k	デジタル	1974.12 FCC 認可 当面専用線
米国	WU	Datacom	2.4 k, 3.8 k, 9.6 k, 56 k	デジタル	Westar 衛星
米国	WU	Infocon	50, 75, 110	—	EDS
米国	DATRAN	—	2.4 k, 4.8 k, 9.6 k	デジタル	コリンス 6 GHz, 空間分割
米国	MCI	—	9.6 k 以下	—	当面専用線
米国	PCI	—	—	パケット	1973.10 FCC 認可
米国	Telenet	—	—	パケット	ハイレベルネット (50~230 kb/S)
米国	Graphnet	—	—	パケット	BBN 社の子会社
カナダ	TCTS	Dataroute	110~50 k 同期 2.4 k, 4.8 k, 9.6 k, 48 k	デジタル	1973.4 サービス開始 (11 都市) T1 キャリア
カナダ	TCTS	Datapac	—	パケット	1976 開始予定 (4 都市) SNAP
英国	UKPO	EPSS	110, 300, 2.4 k, 48 k	パケット	1975 開始 Feranti 社 Argus 700E
英国	UKPO	—	2.4 k, 9.6 k, 48 k	デジタル	時分割, 専用線および交換
フランス	仏 PTT	Caducée	2.4 k, 9.6 k	アナログ	パリで運用中 クロスバー空間分割
フランス	仏 PTT	Hermes	2.4 k, 9.6 k	デジタル	時分割, データと電話の総合
フランス	仏 PTT	RCP	50~9.6 k	パケット	1975 開始 (3局) 将来 Transpac
西独	DBP	EDS	50, 200, 2.4 k, 9.6 k, 48 k	アナログ	時分割, 変化点交換
スペイン	CTNE	—	—	パケット	1971 開始. 現在 2局
北欧4国	各主管庁	—	600, 2.4 k, 4.8 k/9.6 k	デジタル	同期網

* Communication Network for Computer Network Use by Yutaka YOSHIDA and Yoshihiko NISHIYAMA (N. T. T. MUSASHINO Electrical Communication Laboratory)

** 日本電信電話公社 武蔵野電気通信研究所

しているの、コンピュータ・ネットワークを形成するのに用いられる通信網としてパケット交換網は重要である。パケット交換を実現する主要な技術的ポイントを述べてみたい。

3.1 データリンク

図-1 に国際接続も考慮したパケット交換網のモデルを示す。これは、CCITT 第七研究委員会（新データ網を扱おう）のパケット交換に関する会議で考えられているものである。データリンクには、伝送路で直接接続されている物理リンクと、誤り制御やパケット転送量の制御などを行なうための論理リンクとがあり、図-1 のように、A, B, C, D, E, … のように名付けられている。

3.2 パケット形式

一般的なパケット形式は図-2 に示すように、そのパケットのあて先等の情報を含む網ヘッダー、データ部、誤り検出部の3つの部分からなる。このうち網ヘッダーについては、Cerf が提案²⁾している形式を図-2 に例示してあるが、網間接続も考慮するとローカル網（または国内網）ヘッダーと網間（または国際網）ヘッダーからなる。なお、CCITT における検討の中では、データ長の最大を255 オクテット、誤り検出部の長さを2 オクテットにする動きが出ている（オクテットは8ビットである）。

3.3 サービス形式

パケット交換のサービス形式として、国際標準化活

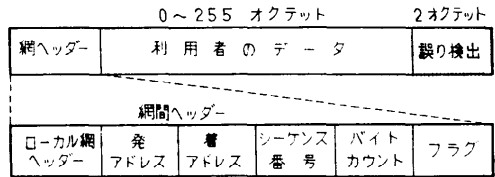


図-2 パケット形式

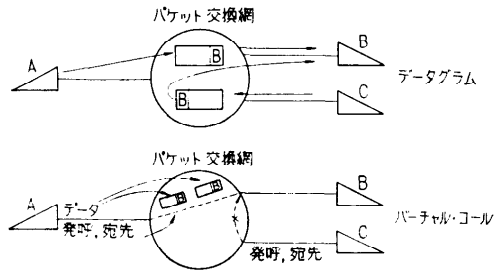


図-3 2種類のパケット交換サービス

動の中でも議論されているように³⁾、データグラムとバーチャルコールがある。図-3 に両サービスの特徴を示す。データグラムは電報あるいは葉書のデータ版と言ってもよく、パケット交換網に接続されるコンピュータからは単発のパケットが網に送り込まれ、網はあて先のコンピュータに接続する回線が空いていればパケットを送り込む。バーチャルコールは回線交換に類似のサービスで、コンピュータからの発呼により、網は相手コンピュータとの間にデータリンクを設定し

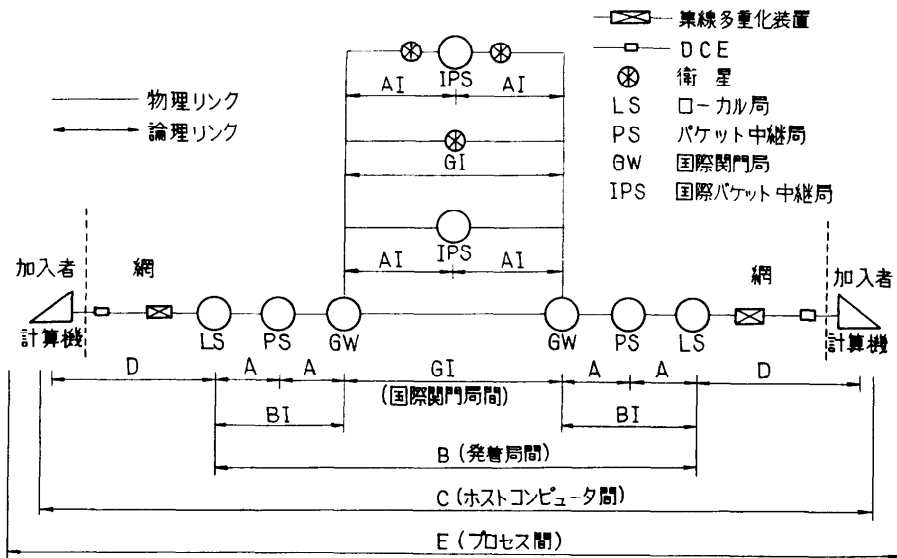


図-1 パケット交換網のモデル

その後そのデータリンクを通してパケットの送受を行なわせる。

両サービスの利害得失を考える上で考慮すべき条件としては、課金方式、キャラクタ端末を収容するこ

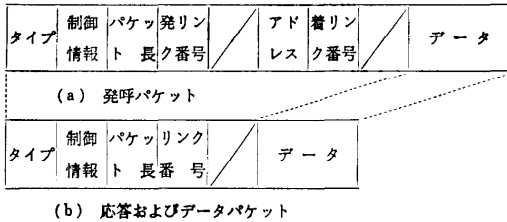
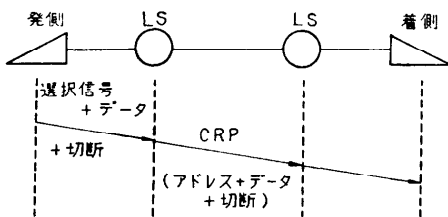
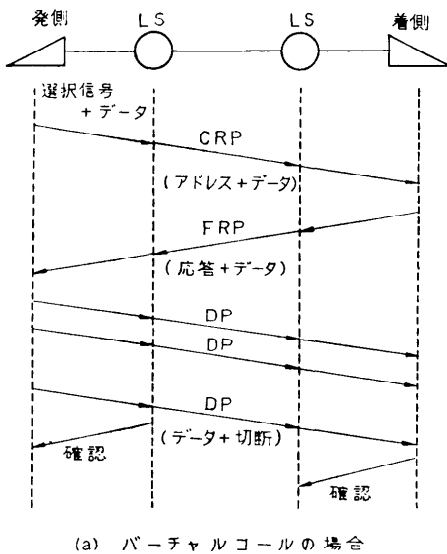


図-4 ファーストセレクトイング方式用パケット形式例



- CRP : 発呼パケット
- FRP : 応答パケット
- DP : データパケット

図-5 ファーストセレクトイング

と、フロー制御の確実性、パケットの順序逆転防止の容易性があり、これらについてはバーチャルコールの方が有利である。そのほかに送受するデータ量、網内の交換処理量についても考慮しなければならない。

3.4 ファーストセレクトイング

コンピュータから網へ選択信号を送り込む際に、最初のデータも付加したパケットを送る方式をファーストセレクトイング (Fast selecting) と呼ぶ。これを実現するためコンピュータと網の間で用いられるパケット形式の例が図-4 に示されている。この図中のフィールドのタイプまたは制御情報の所に切断を示すビットを設けることにより、3.3 で述べたデータグラム、バーチャルコールの両サービスを実現できる。すなわち図-5 に示すように、発呼パケットに切断表示をするとデータグラムとなるし、発呼パケットに切断表示をしないとバーチャルコールになる。

3.5 フロー制御

パケット交換網におけるフロー制御は、網内でパケットが滞ったり、バッファメモリの溢れによりパケットが紛失したりしないように、網に流入したパケットがスムーズにあて先に届けられるように制御する手段のことである。多くの方式が考えられるが、コンピュータと網との間のリンクを例にとりて、5つの方式を図-6 に示す。

廃棄方式はバッファが溢れたら棄てるのみ、WABT方式はバッファが溢れたら送出停止信号を出す、ACK方式は規定数を受信したら次のパケットの送出許可を出す、バッファ予約方式は初めにバッファ数を言って予約しておきその数だけパケットを送出する方式である。Isarithmic方式は英国の国立物理学研究所でよく

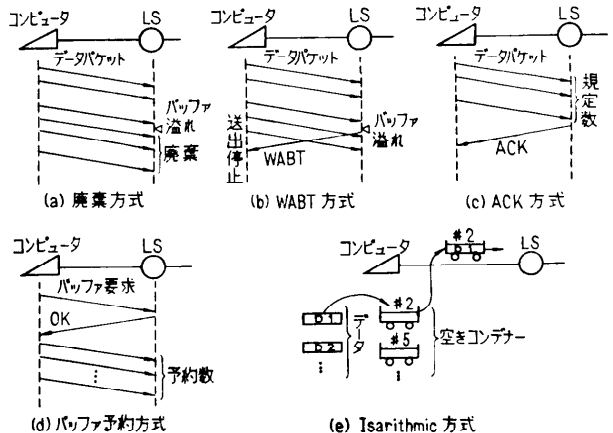


図-6 フロー制御方式

研究されており⁴⁾、空きコンテナが手元にあるときデータをそれに載せてやる方式で、この場合、リンク上に一定数以上のパケットがありえないという特徴がある。ループ方式も、Isarithmic 方式の一種とみなせる。

3.6 パケット組立・分解

キャラクタ単位あるいは単なるビット列のデータを図-2 または 4 にあるような一定のパケット形式にすることをパケット組立と言ひ、逆の操作を分解と言う。コンピュータなどインテリジェントな端末の場合、網との間のデータ送受をパケットで行なえる。このような端末はパケット端末と呼ばれる。すなわちパケット端末の場合、パケット組立・分解の機能がユーザ端末の中にある。これに反し、キャラクタ端末の場合には、交換局の中に置るか、外に置くかは別としても網の中にその機能が必要になる。これらの事情が図-7 に示されている。

3.7 パケット多重インタフェース

パケット端末の網との間のデータ送受をパケット単位で多重化することにより、一つのパケット端末が同時に多数の端末と通信できることは便利である。とくにタイムシェアリングシステムなどには適したインタフェースで、これをパケット多重インタフェースと呼ぶ。このインタフェースでは加入者線上でみると複数のデータリンクが同時に存在することになるので、各データリンクを識別する工夫が要る。図-4 のパケット形式の場合、リンク番号によって識別される。応答およびデータパケットでは、通信相手のアドレスを付ける必要がなく、使用中のデータリンクに対応するリンク番号をつけるだけでよい。

3.8 ルーティング

パケット単位の蓄積交換を行なうので、パケット交換網では、回線交換の場合より多くのルーティング方法

が考えられる。表-2 に Pickholtz 等のあげたアルゴリズム⁴⁾を示してある。実際の網で採用するアルゴリズムとしては、フロー制御、網の信頼性も勘案した上で、できるだけ単純な方式にすることが望ましい。

3.9 パケット紛失と回復

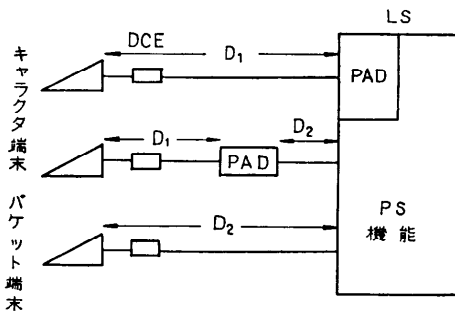
網内の伝送路および交換機の障害、伝送路の雑音等によるパケット紛失についても十分考慮する必要がある。表-3 にパケット紛失の原因、そのメカニズム、対応策が説明されている。

3.10 伝送制御手順

伝送制御手順はパケットを確実に伝送する手段として重要なものである。伝送制御手順が適用されるのは図-1 に示す各データリンクである。とくに重要なのはコンピュータと網の間および交換局間での適用である。従来の専用線用の伝送制御手順で考えられた条件のほかに、網が介在することおよび通信効率をあげることに注意しなければならない。

4. 加入者インタフェースの標準化

図-8 (次頁参照) に新データ網に関連する CCITT および ISO の国際標準化活動⁶⁾のうち、とくに網と網に収容される端末との間のインタフェース (加入者イ



PAD: パケット組立・分解機能
DCE: 加入者線終端装置

図-7 Dリンクの種類

表-2 ルーティングアルゴリズム

- (1) Pre-Assigned Links (PAL)
- (2) Backward Learning (BL)
- (3) No Updating (NU)
- (4) Last M Nodes Visited (LMNV)
- (5) Best Three Links (BTL)
- (6) Negative Reinforcement (NR)
- (7) Superposition (SP)
- (8) Bi-Adaptive (BA)
- (9) Priority Aging (DA)
- (10) MOD₁
- (11) MOD₁+50%
- (12) Shortest Queue+Bias+Periodic Updating (SQ+B+PUD)

表-3 パケット紛失の原因と回復

原因	パケット紛失のメカニズム	対応策
伝送路雑音	誤り検出符号により検出し、受信局で廃棄される。	送信局からの再送
	アドレス部の誤りを検出できない場合誤配達となり、廃棄される。	発信局からの再送
伝送路障害	データ伝送中の回線障害による。	ルート変更による再送
送信局障害	送信局のハードソフト障害により、バッファメモリが破壊されるため。	発信局又は端末計算機からの再送
受信局障害	受信局障害により、送信されたはずのパケットが受信できない。	送信局からのルート変更による再送
ルーティング	ピンポン現象又は中継段数オーバーにより廃棄される。	ルーティング、輻輳制御による。
輻輳	ロックアップまたはそれに近い状態になったとき廃棄される。	同上

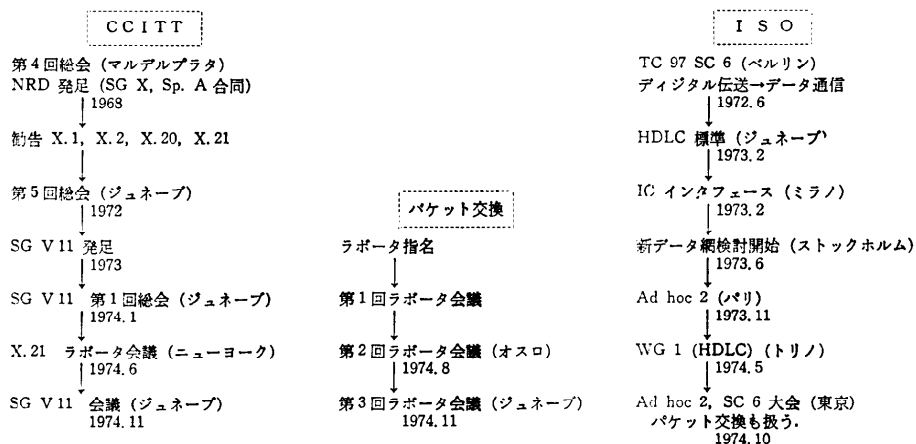


図-8 新データ網関係標準化活動

インタフェース)の標準化活動について示す。ついでに、前章に述べたパケット交換に関する CCITT の活動³⁾についても図-8 中に示した。

表-4、表-5 に網の利用者にとって関心の深いサービスクラス、サービス機能を示す。ただし、これらは回線交換網に対する CCITT の勧告として固まりつつあるものである。

加入者インタフェースについても、CCITT および

表-4 利用者サービスクラス

クラス番号	サービスクラス	ダイヤル、サービス信号
1	300 b/S, 調歩	300 b/S, IA No. 5
2	50~200 b/S, 調歩	200 b/S, IA No. 5
3	600 b/S, 同期	600 b/S, IA No. 5
4	2,400 b/S, 同期	2,400 b/S, IA No. 5
5	9,600 b/S, 同期	9,600 b/S, IA No. 5
6	48 kb/S, 同期	48 kb/S, IA No. 5

表-5 サービス機能 (X.2)

サービス機能	適用度
対称型全2重	P
ビットシーケンスインディペンデンス	N (クラス1, 2) P (クラス3~6)
手動及び自動発信・応答	P
ダイレクト・コール	E
短縮アドレス	E
閉域接続	E
出接続機能のある閉域接続	O
遠隔端末の識別 同報通信 代行受信	{ O O (クラス1) N (クラス2~5)

P: 一部の利用者にとのみ O: 備えてもよい
E: 全利用者 N: 不要

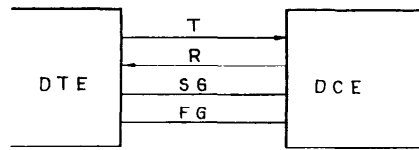
ISO ともに回線交換網の場合の標準化が進んでおり、パケット交換網の場合については今後標準化の議論が行なわれる段階である。以下では回線交換網における加入者インタフェース (CCITT では X シリーズの名称がつけられている) について述べる。

既存のアナログ回線を用いモデムを介して通信を行なう加入者インタフェース (V24 の例) と新しい加入者インタフェースとの比較が図-9 (次頁参照) に示されている。X.20 が調歩同期端末用のインタフェースであり、X.21 が同期端末用のインタフェースである。いずれも既存のインタフェースと比較するとインタフェース線の数が減っている。コンピュータが回線交換網に接続される場合には多分 X.21 が適用されるであろう。

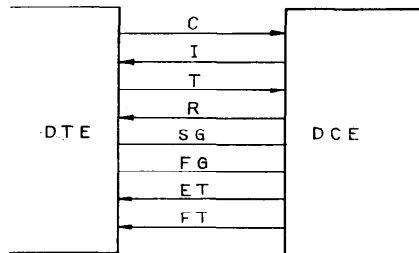
図-10 (次頁参照) に X.20, X.21 の信号シーケンスが示されている。X.20 については、1年位前から余り変化していないが、X.21 については昨年の間に頻繁に会議が開かれ漸く固まってきた。とくに、網から端末にバイトタイミングを出すバイト方式と、信号またはデータの前に SYN 文字を入れてキャラクタ同期をとる SYN 方式とについて多くの議論がなされ、現在 SYN 方式の形で標準化されつつある。

5. むすび

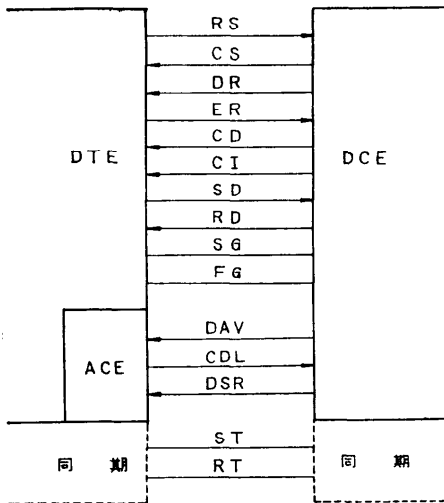
コンピュータ・ネットワーク用の通信網を解説するため、いわゆる新データ網の各国の計画、とくにコンピュータ・ネットワークと親和性のあるパケット交換の技術、また利用者との結合で問題となる加入者インタフェースの国際標準について述べた。



(a) X.20 インタフェース (調歩)



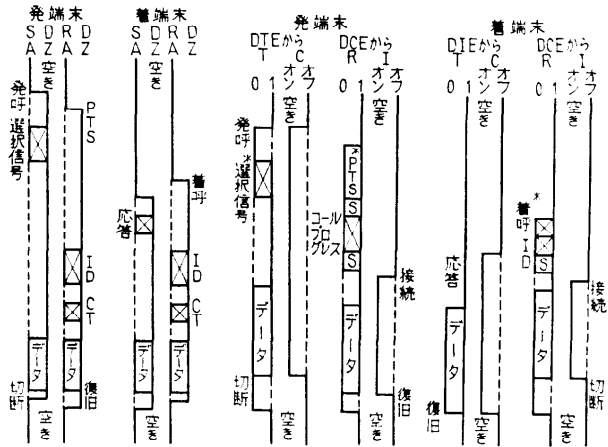
(b) X.21 インタフェース (同期)



(c) V.24 インタフェース (例)

図-9 標準インタフェースの比較

新データ網においては、端末の多様性、国際間の通信需要も見込まれるので、端末と網とのインタフェース、網間あるいは国際間の接続に関する標準化の問題



X.20 信号シーケンス

X.21 信号シーケンス

図-10 信号シーケンス

S: n×SYN, *: SYN文字によって先行される。

が最も重要である。

参考文献

- 1) 加藤, 中村: データ交換網の新しい動向, ビジネス・コミュニケーション, Vol. 11, No. 4, pp. 29~40 (1974)
- 2) V.G. Cerf, et al.: A Protocol for Packet Network Intercommunication, IEEE Trans., Vol. COM-22, No. 5, pp. 637~648 (1974)
- 3) 吉田, 松下: パケット交換網の現状と国際標準化について, 情報処理, Vol. 16, No. 3, pp. 220~229 (1975)
- 4) W.L. Price: Simulation Studies of an Isarithmically Controlled Store and Forward Data Communication Network, IFIP Congress 74 (1974)
- 5) R. Pickholtz, et al.: Improvements in Routing in a Packet-Switched Network, ICC 74 (1974)
- 6) 松本, 城崎: CCITT SG VII 新データ網標準化の動向, ビジネス・コミュニケーション, Vol. 11, No. 11, pp. 38~47 (1974)
(昭和50年4月21日受付)