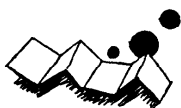


## 解説

## パケット交換網の構成†



田宮 忠雄††

## 1. ま え が き

情報処理技術の進展や社会活動の高度化・広域化に伴うデータ通信システムの発展には目ざましいものがある。このデータ通信のトラフィックを効率的に処理し、しかも将来の新しいサービス需要に対しても融通性のある新しい公衆通信網として、公衆パケット交換網の実現が強く望まれている。

パケット交換方式は、1969年アメリカのARPA網の建設によって、実用性が見通しが得られて以来、各国が研究に乗り出した。最初の公衆パケット交換網として、1975年に7交換局でサービスを開始したアメリカのテレネット網は、1978年には80を越す都市に交換局を設置し、200以上のコンピュータが接続されるまでに成長している。その後、さらにカナダのデータバック網が1977年に、フランスのトランスバック網が1979年にサービスを開始している<sup>1),2)</sup>。

わが国のDDXパケット交換サービスは、1976年に運用開始したDDX-2パケット交換システムによる運用実績をもとに、近々、7都市に交換局を設置して商用サービスを開始する予定である。

本稿では、公衆パケット交換網について、その必要性の面から見た網への要求条件を整理した後、網が備えるべき機能を、交換機能を中心として解説する。この機能を実現するうえで、パケット交換特有の技術を含んでいる集線・多重化、パケット組立・分解、網構成、ルーティング、フロー制御、ふくそう制御、端末試験の各方式については、やや詳しく解説する。さらに、これらの技術を総合化して網を構築した場合の機能配分の考え方、事例について概説し、最後に今後の動向について簡単に触れる。

2. 設計条件<sup>3)~6)</sup>

近年、種々の企業等で使用されているデータ通信シ

† Packet Switched Network Configuration by Tadao TAMIYA (Musashino Electrical Communication Laboratory, N. T. T.).

†† 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所

ステムは、情報処理技術の進展、コンピュータ導入領域の拡大、企業活動の広域化などにより、ますます大形化するとともに、応答性、信頼性など品質面でも高い水準が要求されるようになってきており、これに伴って、システム中に占める通信系のコストは次第に上昇している。

一方、コンピュータ・システムの利用が定着して、情報資源が蓄積され、有用なデータベースが出現するに及んで、1つの端末から任意のコンピュータに接続したいというケースが多くなってきている。

このような背景から、公衆通信網をデータ通信システムに利用し、経済的で、かつ高品質なシステムを構築したいという要望が強まっている。

現在、公衆通信網として、加入電話網と加入電信網があるが、これらはデータ伝送速度、接続時間、伝送品質等に限界があるほか、通信処理機能、接続手順の拡張性も乏しいので、通常のデータ通信システムの構築に適しているとは言い難い。このため、ほとんどのデータ通信システムは専用回線を用いて構築されてきたが、前述のように、通信系のための支出が増加しており、システムによっては、全体の経済性が圧迫されるケースも出てこよう。

このように、データ通信システムへの公衆通信網の利用が強く要望されているにもかかわらず、既存の公衆通信網が品質などの点で、適用困難なため、データ通信に適した、新しい公衆通信網の早期実現を望む声が高まってきている。

## 2.1 公衆網への要求条件

この新しい公衆データ交換網に対する、ユーザ側から見た要求条件を列挙すると次のようになる。

- (1) 種々の端末を最適のデータ伝送速度で使用できるよう、幅広い速度クラスを提供する
- (2) デジタル・インタフェースで加入できる
- (3) 接続時間を機械対機械通信にふさわしい値に短縮する
- (4) 専用回線と同等以上の伝送品質を保証する

(5) 平常時のみならず、高トラヒック時にも高い信頼性を有する

(6) 低トラヒック端末でも割高にならない、情報量に見合う料金である

(7) 異速度端末間通信、異手順端末間通信、閉域接続、同報通信など豊富な通信処理機能を有する。

このような要求条件を満たす通信網として(6), (7), などの点から公衆パケット交換網が有望と考えられている。各国とも、このような背景の中で、公衆パケット交換網の実用化に努力してきており、それぞれ、この要求条件の実現を図っている。

2.2 設計条件の具体例

表-1 端末クラスと端末速度

速度	分類 伝送制御手順	パケット端末		一般端末		
		X.25	HDLC	ベーシック	デリミタ	
調歩式	200 bit/s			○	○	
	300 bit/s	—	—	○	○	
	1,200 bit/s			○	○	
同期式	2,400 bit/s	○	○			
	4,800 bit/s	○	○	—	—	
	9,600 bit/s	○	○			
	48Kbit/s	○	—			

表-2 サービスの種類

サービス項目	サービスの内容	備考
基本サービス	選択接続 呼設定により複数の相手端末の選択ができる。複数の端末からの着信ができる	—
	固定接続 相手端末を固定とし、呼を設定することなしに通信ができる	固定接続の登録は契約時が行う
付加サービス	閉域接続 公衆網を専用網的に使用したいユーザー(企業など)のために、閉域グループの端末相互間のみの接続を行う	閉域登録は網または端末が行う
	ダイレクトコール 呼設定時に、相手端末のアドレス送出手が不要な選択接続サービス	—
ビ	短縮ダイヤル 相手端末のアドレスを2桁の番号に短縮して局に登録し、通信時に短縮番号の送出手で接続ができる	—
	相手通知 呼設定時に、通信相手端末の加入者番号を送出する	パケット端末は常に相手通知がなされる
センター	発着信専用 発信または着信だけを可能とする	パケット端末の時は論理チャネルグループ番号単位に契約ができる
	通話料金を着信側に課金する	契約時に登録をする

表-3 通信の組合せ

送信側 \ 受信側	パケット端末	一般端末		
		ハイレベル手順	ベーシック手順	デリミタ
パケット端末	○	○	○	○
一般端末	ハイレベル手順	○	△	—
	ベーシック手順	○	—	△
	デリミタ	○	—	△

注) ○: 通信可能 △: 一部制約を付けて通信可能

表-4 パケット網品質目標値(平均値)

項目	PT-PT		
	初期	将来	
伝送品質	見逃しビット誤り率 ~10 <sup>-10</sup>		
接続品質	パケット再送確率 ~10 <sup>-8</sup>		
	網内遅延	140 ms	300 ms
	ダイヤル可遅延	200 ms	
	接続遅延	320 ms	640 ms
	呼復旧時間	320 ms	640 ms
安定品質	不稼働率 2×10 <sup>-4</sup>		

要求条件の具体的実現例として、わが国の DDX パケット交換網のサービス概要を述べる。

(1) 端末クラスと端末速度: 表-1 に示すとおり、200 bit/s から 48 Kbit/s まで提供できる。

(2) サービス内容: 当方は表-2 に示すサービス、表-3 に示す通信の組合せを提供することとしているが、順次、サービスを拡大していくこととなる。

(3) 網品質: 表-4 に網品質の設計目標値(平均値)を示す。表の将来欄の数値は、現在の技術を用いて大規模な網を構築した場合の目標値であり、技術進歩、要求条件などにより変更されていくことは、むしろ当然といえよう。

3. 公衆パケット交換網の機能

公衆パケット交換網は、大きく分けると、次の要素により構成される。(図-1 参照)

(ア) 加入者回線: 端末と交換機を結ぶ伝送路である

(イ) 交換機: 端末・端末間の通信のため必要となる種々の処理・制御を行う

(ウ) 局間回線: 交換機間を結ぶ伝送路である。

網に収容される端末は、網の構成要素ではないが、その機能と密接な関連を有する。端末には、パケット

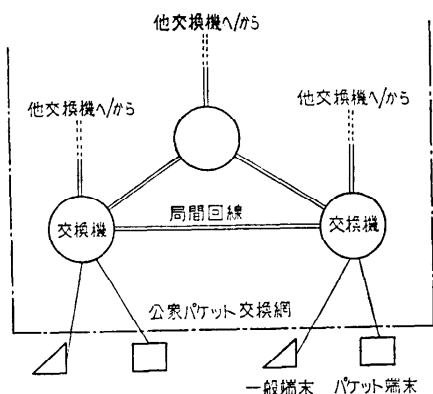


図-1 公衆パケット交換網の構成要素

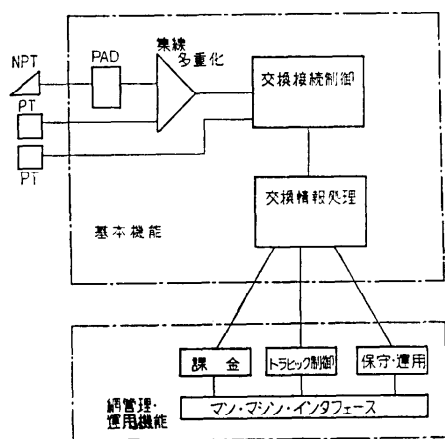


図-2 パケット交換機能

の形で情報の送受をするパケット端末 (PT: Packet mode Terminal) と、パケット形態での情報送受機能を持たない一般端末 (NPT: Non-Packet mode Terminal) がある。

本稿では、パケット交換機能を基本機能と網管理・運用機能に分類して説明する。(図-2 参照)

### 3.1 基本機能

端末・端末間の通信に直接関与する機能で、次のように分類できる。

- (1) パケット組立・分解 (PAD; Packet Assembly and Disassembly): NPT からの情報のパケット化、および NPT へ送出する情報の復元を行う
- (2) 集線・多重化: 加入者回線の使用効率向上を行う
- (3) 交換接続制御: 伝送制御, 接続制御, データ転送など, 接続に関連する制御を行う
- (4) 交換情報処理: ダイレクトコール, 固定接続,

短縮ダイヤル, 閉域接続, 同報通信, パケット長変換など, 種々のサービスを実施するための処理を行う。

### 3.2 網管理・運用機能

基本機能の遂行を種々の面から支援する機能で、次のように分類できる。

- (1) 課金: 課金に関する処理を行う
- (2) トラヒック制御: ルーチング, フロー制御, ふくそう制御などを行う
- (3) 保守・運用: 加入者開通, 障害の検出, 障害箇所への指摘, 系の再構成, 各種監査, ソフトウェアの維持・管理などを行う
- (4) マン・マシン・インタフェース: 網内の装置と保守・運用者との情報授受を仲介する

これらの機能を具体的に実現するにあたって、方式上, 特に考慮すべき諸点について、次章で解説する。

## 4. 網構成上の主要技術

### 4.1 PAD と集線・多重化<sup>1),7)</sup>

パケット交換サービスを実施するためには、網、端末のどちらかに PAD 機能が必要となる。プログラム制御の、比較的高級な端末の場合には、あまりコストアップすることなく、端末側で PAD 機能を持つことができるため、PT として網に加入するものが多いと考えられる。これに対して、キーボード・プリンタなどの簡易な端末の場合には、現時点では、PAD 機能を端末側で持つと、端末コストに大きな影響を与える恐れがあるので、網側で PAD 機能を持つことが望ましい。しかしながら、将来は、LSI 化などにより PAD のコストが低下し、これらの端末も PAD 機能を個々に持つようになる可能性も十分にある。

一方、初期網などでは、端末の地域的分布の密度が小さく、加入者回線が長くなる場合も多いため、比較的低速で、情報通信密度の低い端末については、加入者回線の集線・多重化を行い、加入者回線系の経済化を図ることが望ましい。集線の方法には、原理的に種々の方式が考えられるが、パケット交換網の場合にはパケット多重による方式が最もよく適合する。

非パケット端末である NPT のほとんどは、集線・多重化を必要とするため、DDX やテレネット網では PAD 機能とパケット多重による集線・多重化機能を組合せて 1 装置とし、端末と交換局の間に設置している。

### 4.2 網構成<sup>8)</sup>

通信網の網構成を決定するためには、経済性、信頼

表-5 網形態案と定性的特徴

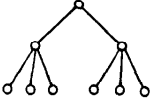
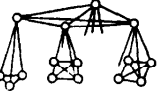
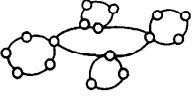
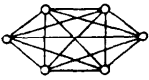
形 態		特 徴
有階位	星状 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 網の設計が簡単である。</li> <li>× 近隣局間の接続もすべて上位局経由のため、中継段数、中継呼量がやや多い。</li> <li>× 信頼性がやや低い。</li> </ul>
	多面状 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 星状について斜回線を同じ面内で多数設ければこの形となり、中継呼量の減少により経済化が期待できる。</li> <li>○ 同一面での中継を許せば、信頼性もやや向上する。</li> </ul>
	ループ 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 初期投資が少なくて済む。</li> <li>× 大規模網では遅延時間が大きい。</li> <li>× 大規模網では、中継呼量の増加により処理コストが大きい。</li> <li>× 信頼性が低い。</li> </ul>
無階位	メッシュ 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 平常時の中継は不要であるが、信頼度上は必要である。</li> <li>× 局数が多くなると局当たり方路数が増し、かつ回線使用率は低くなる。</li> </ul>

表-6 網形態案の比較評価

	網形態	網コスト		信頼性
		小規模網	大規模網	
有階位	星状	高	低	低
	多面状	高	中	中
	ループ	高	低	中
無階位	メッシュ	低	高	高

性、品質を考慮して、その最適解を求める必要がある。しかしながら、その最適構成は需要の地域的分布や端末の種類、用途、トラフィック総量などユーザの利用形態により大きく影響を受ける。特にデータ通信はその利用分野が急速に拡大しており、需要動向の予測は非常に難しい。このため、当面はあまり経済性を損わず、しかも将来の需要の急激な変化に対しても柔軟に対処できる網構成の選択が望ましい。表-5 に代表的な網形態とその定性的特徴を、また、表-6 に網形態のコスト・信頼性からみた比較を示す。

DDX パケット交換網では以上のような点を考慮して、初期の小規模網ではメッシュ網、大規模網では多面状網をとることとしている。各国においても、テレネット網、トランスパック網、データパック網はいずれもメッシュ網を基本とした網構成をとっている。

4.3 ルーチング(9),10)

パケット網でのルーチングとは、特定の宛先に対して到達可能なパケット転送経路の中から1つの経路を

選択することである。パケット交換では、回線能力を上げること、伝送遅延時間を短くすることが重要であり、これらを十分達成するためには、一時的な負荷の集中などのトラフィック変動や伝送路障害等により変化する網形態(トポロジ)に応じて、最適の転送経路を選ぶルーチング・アルゴリズムが求められる。

パケット交換網におけるルーチングには大きく分けて固定式と適応式がある。前者は選択すべきルートの順序が宛先によって固定的に決まっています。トラフィック変動によってその順序が変化しない方式である。これに対して、後者はトポロジの変化やトラフィック変動によってルーチング・テーブルを変更する方式である。これらの方式の代表例としては次のような方式がある。

(1) 固定式

(ア) う回方式: 宛先交換局ごとに、出方路群とそれを走査する順序が決めている。パケットごとに、この順序に従って出方路のパケット・キュー長を調べ、所定のしきい値を超えていない最初の出方路を選択する。

(2) 適応式

(ア) Biadaptive方式: 到着したパケットの中継回数から、そのパケットの発信交換局を宛先とする場合の伝達遅延時間を推定し、最も小さくなる出方路を選ぶ方式である。

(イ) ARPA 改良方式: 伝達遅延時間は発信交換

局での待時間 $Q$ と発信交換局から宛先までの遅延時間 $B$ の和とみることができ、この $Q$ と $B$ は網のトラヒック変化によって変動するので、 $Q+B$ を最小とする方路は時々刻々変化する。ARPA改良方式では、 $Q, B$ とも可変としており、10秒程度ごとに各交換局で通知パケットにより取りかわされる伝達遅延時間の情報により、各交換局が独立に $Q+B$ を最小とする最適ルートを決定する。

(ウ)  $SQ+B$  (Shortest Queue+Bias) 方式: ARPA方式を簡略化した方式で、 $B$ が固定である。通常、 $B$ を、トラヒックが定常状態にある場合の宛先交換局までの平均伝達遅延時間に設定しておく。

(エ) DP (Dynamic Programing) 方式: 決定論的方法の最極端に位置する方式であり、網制御局(NCC)で、ダイナミック・プログラミング法により全交換局の最適ルーティング・テーブルを決定し、各交換局に通知する。各交換局はトラヒックおよびトポロジの変動を検出するとNCCへ通知し、NCCでは、その都度、最適ルーティング・テーブルを作成し、各交換局へ通知する。

(オ) Butrimenko 方式: 上記3方式と異なり、リンク固有の量として宛先ごとに Altitude なる概念を導入している。パケットはこの値の大きなリンクから小さなリンクへとルーティングされる。網トポロジに対する適応性を追求した方式であり、トポロジに変化があった場合、この方路の相手交換局のみに情報を送り、Altitude の値を変更し、ルーティング・テーブルを更新する。

各方式の定性的比較を表-7に示す。う回方式、 $SQ+B$ 方式、ARPA改良方式、DP方式の4方式が公衆網に有望である。従来、ARPA方式は、通知パケット自体が負荷を増加させ、このため過負荷特性がやや悪いといわれていたが、改良方式では通知パケット送出周期の延長などにより改善され、総合的にみて、これら4方式間の優劣はつけ難い。DDXパケット交換網では、重負荷に強く、しかも経済性に優れている点

表-7 各方式の定性的比較

方式	処理量	適応性			
		トラヒック変動		トポロジ変化	
		正確性	速応性	正確性	速応性
$SQ+B$	小	△	△	○	○
ARPA改良	小	○	×	○	×
DP	小 (NC局*大)	○	△	○	○
Butrimenko	中	×	×	△	×
Biadapitive	小	×	×	△	×
う回	小	△	△	△	△

を重視し、う回方式を採用している。網の大規模化に伴い、DP方式を併用する方法も、今後の興味ある研究課題となっている。

4.4 フロー制御<sup>9)</sup>

ユーザのデータの流れ(フロー)を制御するフロー制御は、網がデータ転送フェーズにまで関与するパケット交換方式の中でも、バーチャル・サーキット方式(本誌「パケット交換網のプロトコル」参照)特有の制御であり、次の3つの目的を持っている。

- (i) 送受信スループットの調整による無効トラヒックの防止
- (ii) 送信パケット流量の平滑化による受信バッファの削減
- (iii) 網内リソースのふくそう防止

これらの目的を満たすため、End-Endフロー制御方式、網-Endフロー制御方式、網内フロー制御方式がある。フロー制御の種類と目的を表-8に示す。ここでは、フロー制御の中心となっている前二者の方式について説明する。

(1) End-End フロー制御方式

個々のバーチャル・サーキットに対応するフロー制御方式としては次の3方式が考えられる。

(ア) タイミング方式: 送信側が相手端末のスループットに合わせて、自律的にタイミングをとり、パケットを送信する。

表-8 フロー制御の種類と目的

区分	フロー制御		ふくそう制御	
	論理チャンネル	端末	網	
制御形態	End-End	網-End		網内
監視対象	単一論理チャンネル上のパケット流量	単一端末へのパケット流量	交換局の共通リソース(CPU, バッファ)使用状況	
目的・機能	・スループットアンバランスの解消 ・送信パケット量の平滑化	・送信パケット量の平滑化	・局リソースふくそうによる網品質低下の防止	・スループットの維持 ・重要通信の確保

表-9 End-End フロー制御方式の比較

項目	方式	タイミング方	予約方式	応答方式
受信バッファの使用効率		○	×	○
制御パケットの必要性		○	△	△
受信側の状況に対する対応性		×	○	○
バッファオーバーフローの防止能力		×	○	△
送達確認機能		△	△	○

(イ) 予約方式: 送信側は、受信側に対しバッファの割当を要求し、受信側がこれを許可すると、許可された個数のパケットを送信する。

(ウ) 応答方式: 受信側は、パケットを受信し、さらに次のパケットを受信できる見込みがあると、受信確認と送信許可の意味を兼ねて応答を返す。送信側は、応答が返ると、次のパケットの送信が可能となる。

上記3方式の特徴比較を表-9に示す。タイミング方式は受信側の受信可能スループットの一時的変動に対応できず、また制御方式が相手端末速度に依存する点にも問題がある。予約方式と応答方式では、処理負荷の面ではあまり差がないが、バッファを予約してから実際にパケットが到着するまでのバッファ無効保留時間がないこと、および送達確認機能を合せ持つ点から、応答方式が優れているといえよう。公衆パケット交換網では、応答方式を具体化したものとして、パケットの再送回復手順も含んだウィンドウ制御方式が広く採用されている。

## (2) 網-End フロー制御方式

End-End フロー制御方式により、個々の論理チャネル(本誌「パケット交換網のプロトコル」参照)レベルのフロー制御が正常に行われていたとしても、確率的に端末のスループットを超えたパケットが到着する可能性がある。これによって受信交換局内のバッファが保留され、他の通信に悪影響を及ぼす結果となる。これを防ぐには、何らかの方法で網内への過大なパケットの流入を防止する必要があり、代表的な方式として次のようなものがある。

(ア) 廃棄方式: 受信交換局において、端末対応に回線送出待数制限を設けておき、これをオーバーフローした場合は、パケットを無断で廃棄することにより、バッファに対して過大な負荷がかかるのを防止する方式である。

(イ) WABT (Wait Before Transmission) 方式: 前記廃棄方式と同様に受信交換局において受信端末対

応の回線送出待数制限を設けておき、オーバーフローした場合、パケットは廃棄し、送信元に対し送信規制信号を送り、それ以後のパケット送信を規制する。受信交換局での回線送出待数が一定値以下になると、再開許可信号を送信元に送り、送信を再開させる。

(ウ) GA (Go Ahead) 方式: 受信交換局は自局のバッファの空状態を監視しながら、送信端末に対し、一定数ずつのデータ・パケットの連続転送を許可するGA信号を送信する。本方式は、受信交換局で端末対応に回線送出待数制限を設けないこと、およびバッファの確保なしで送信を許可する点で前二者とは異なる。

(エ) PERMIT 方式: フランスで提案され、トランスパック網で採用されたものをモデルにした方式である。呼の設定時、経由する交換局で呼対応にバッファを確保し、パケット送信によりバッファが空くたびに、前位交換局(または端末)に対して送信許可信号(PERMITパケット)を送り、前位交換局では、この信号が到着して初めてパケットの転送が可能となる。この方法では、呼の設定時に経路が決定されるとともに、バッファが確保されるので、パケット・オーバーフローや順序逆転は生じない。

PERMIT方式は、トラフィックの増加に伴って、スループットが低い所で飽和してしまうという点に問題があり、またGA方式は、特定端末による局内バッファ占有の点で問題がある。廃棄方式とWABT方式の場合にはこれほど極端な問題点はないが、特定端末への過負荷集中の場合、廃棄方式では再送パケットが繰り返し廃棄されるので、無効トラフィックとして網のふくそうを助長する恐れがある。またWABT方式でも、ある程度以上の過負荷に対してはスループットが急激に低下する。

したがって総合的にみれば、ある程度の負荷まではWABT方式によるフロー制御を行い、それ以上の負荷に対しては、別に何らかのふくそう制御の手段によって入力を規制するのが得策といえよう。DDXパケット交換網では、このような考えからWABT方式を採用している。

## 4.5 ふくそう制御(1).9

パケット交換網への負荷が設計値を超えた状態で長く続いた場合、何らかの対策を講じないとふくそう状態となり、遅延時間などの網品質が保証できなくなるとともに、スループットが低下し、最終的にはロックアップ状態になる可能性もある。軽度のふくそう状態

の場合には、パケット網が基本的に持っているルーチング機能、フロー制御機能により、それほどの混乱を引き起さずに処理されるので問題ないが、網の処理能力を超えるような異常トラヒックがある程度以上持続した場合が問題となる。

ふくそう制御は、網にこのような異常トラヒックが加わった場合に、①網のスループットを低下させず、②重要通信を確保するための方策といえよう。

重度のふくそう状態の場合、網の処理能力を超えて加わるトラヒックは、網内に取り込んででも、最終的には廃棄する以外に方法はなく、網に取り込んでから廃棄するのでは無効トラヒックの処理として、スループットの低下につながる。したがってこのような場合の最良の方法は、網の処理能力を超えるトラヒックを、網に入る前に規制することである。網の一部分に発生したふくそうは、時間の経過に伴って次第に広がり、やがて網全体がふくそう状態に落ち入ることになるので、ふくそう状態を速やかに検出し、早期に網全体にこの状態を通知して、規制措置をとる必要がある。その際、場合によっては、重要通信を確保するため、規制順序のランクづけをする必要が生じよう。

DDX パケット交換網では、各交換局が独自で自局の中央制御装置使用能率、バッファ使用能率などの異常値よりふくそうを検出し、この情報を通知パケットにより網内の他交換局に知らせる。情報を受け取った各交換局では、これに基づき端末の入力規制を行う。各国のパケット交換網のうち、NCC (Network Control Center) を有する網では、ふくそうの検出、制御を NCC から行っている場合も多い。

データ交換網はまだ運用経験も浅く、ふくそう状態がどのような場合に発生し、どのような様相を呈するかなど、ふくそうに関しては、まだほとんど分かっていないのが現状である。今後、運用実績を重ねることにより、一層完全なふくそう制御が実現することになるう。

#### 4.6 端末試験<sup>1),11)~14)</sup>

##### 4.6.1 保守運用上の特徴

パケット交換網は保守・運用面からみて次のような特徴を有している。

(1) 当分の間、パケット交換網は閉域網の集合体としての形態が主流となるので、この形態に適した保守・運用機能が望まれる。

(2) 障害の発生率は、装置の設置環境の差などにより、端末側の方が網側に比べてかなり高いものと考

えられる。

(3) 網一端間みのインタフェースは電気・物理的条件だけでなく、論理的条件まで規定しているため、電話網等と比べ、かなり複雑になっている。このため、端末が網に加入する際や、このインタフェース周辺で障害が発生した場合の試験も複雑なものとなる。

##### 4.6.2 必要な試験機能

このような特徴から、パケット交換網では次のような端末試験機能が特に必要となる。

###### (1) 網加入時の試験機能

端末が網に加入するに際して、事前に、端末側の機能のチェックができることが好ましい。その理由は、チェックなしで端末を網に接続する場合に比べて、端末の異常による網への悪影響を防止できるほか、端末側にとっても、端末の機能チェックを効率的に行えるからである。

###### (2) 運用時の障害切り分け試験

障害発生箇所は端末側が圧倒的に多く、しかもこれらの端末は、それぞれ、どこかの閉域網に属している場合がほとんどであると考えられるので、閉域網のホスト・コンピュータから、網保守者の手をわずらわせず、直接、自閉域網内の端末の障害箇所を切り分ける機能が有効である。この目的のため、DDX パケット交換網ではリモート・ループ2試験が行われる。図-3に示すように、通信異常時、被疑端末側を折り返し状態(ループ2と呼ばれる)に設定し、ホスト・コンピュータからこの端末に固定パターンのパケット(エコー要求パケット)を送出する。このパケットのデータと折り返されてくるパケット(エコー確認パケット)のデータとを照合することにより、端末側障害か網側障害かを識別できる。

上記のリモート・ループ2試験の結果、障害が網側であると判断された場合には、網側保守者への障害申告が行われる。網側で障害を切り分ける方法には、①端末と試験装置との試験接続による通信機能のチェック、②端末の実通信シーケンス収集・分析などがある。

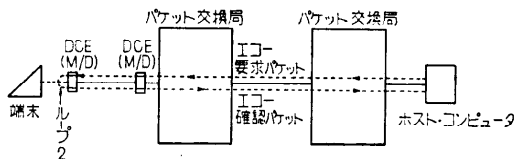


図-3 リモート・ループ2試験

5. 装置構成<sup>1),7),15),16)</sup>

網を実現するにあたって、4章で説明した各機能を具体的にどのように配分して装置を作り上げるかは、その網に要求される条件——需要の分布、提供するサービスの種類、網品質、保守形態など——によって最適形態が異なり、種々の組合せが考えられる。

DDX パケット交換網では、集線・多重化機能と PAD 機能をパケット多重化局 (PMX 局) として分離し、残りの機能は、高速の中央制御装置によりコントロールされるパケット交換局 (PS 局) に集中している。PMX 局は、PS 局から遠隔制御により試験や指示ができるように作られているが、RMX 局にも、タイプライタを設置することにより、マン・マシン・インタフェース機能を持たすことができるので、種々の保守・運用形態に柔軟に対応できる。DDX パケット交換局、パケット多重化局の構成を図-4 に示す。

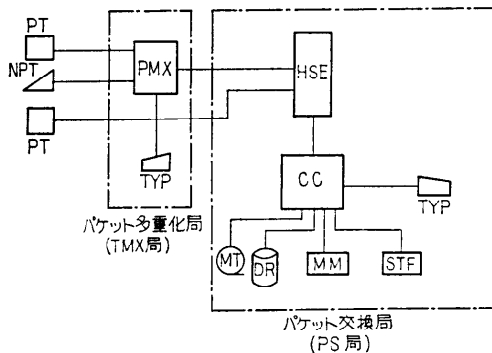
PS 局、PMX 局を構成する主要な装置の特徴は次のとおりである。

(ア) 中央制御装置 (CC): D 10 形電子交換機用の装置を使用している。

(イ) 高速信号制御装置 (HSE): PMX, PT および他交換局との高速回線を収容し、伝送制御を行う。処理が定形的で、高いスループットが要求されるため、布線論理で構成されている。

(ウ) パケット多重化装置: 集線・多重化機能と PAD 機能を有しており、プログラム制御である。PT, NPT のいずれも収容できる。

テレネット網、データパック網、トランスパック網



PMX: パケット多重化装置  
 HSE: 高速信号制御装置  
 CC: 中央制御装置  
 MM: 主記憶装置  
 DR: 磁気ドラム装置  
 MT: 磁気テープ装置  
 STF: 監視試験架  
 TYP: タイプライタ装置

図-4 DDX パケット交換局およびパケット多重化局の構成

など諸外国のパケット交換網では、交換局用のプロセッサとしてミニコンを採用し、交換局には基本機能を中心として持たせ、網管理・運用機能の一部または大部分を、網制御局 (NCC) と称するセンタに集中する方式をとっている。

6. むすび

企業活動の中でコンピュータが果たす役割は、オフィス・オートメーションの進歩、データベースの充実などにより、今後、ますます拡大していくことになろう。その結果、コンピュータ・ネットワークを構築する公衆パケット交換網の役割は、初期の、閉域網の集合体としての形態を中心としながらも、次第に企業間での通信を始め、不特定端末間を接続する、真に公衆網的な使われ方へと発展していくことになろう。一方、LSI 技術の進歩により、1チップ化され、種々の装置に組み込まれた、コンピュータらしからぬコンピュータが個人商店や一般家庭にまで入り込み、このうちの一部はインテリジェントな端末として網に加入 (電話網を介してかも知れないが) することになり、このような傾向が、公衆データ交換網、とりわけ公衆パケット交換網の発展に一層拍車をかけることになろう。

このようなデータ通信の発展に備えて、公衆パケット交換網の地域的拡大が急務であるが、これと並行して、多様化するサービス要求に応じるため、①国際接続を含めた網間接続、②端末仮想化を中心とするプロトコル変換、③同報通信、代行通信などのメッセージ通信サービス等、網機能の充実を早期に実施していく必要がある。

参考文献

- 1) Packet Switching Report, Logica Ltd. (1978).
- 2) 情報処理ハンドブック, p. 966 (1980).
- 3) 加藤, 高月: データ交換, 信学誌, Vol. 61, No. 4, p. 435 (昭 53-4).
- 4) 山内: 通信網構成の現状と課題, 信学誌, Vol. 62, No. 2, p. 118 (昭 54-2).
- 5) 美間: パケット交換網の展望, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 2961 (昭 52-11).
- 6) 松本, 石野, 飯村: DDX-2 パケット交換方式, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 2967 (昭 52-11).
- 7) 齊藤, 四方, 金重, 松下: DDX-2 パケット交換装置の構成, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 3005 (昭 52-11).
- 8) 橋田, 川島, 篠原: DDX-2 パケット交換網の網構成, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 2979 (昭



- 52-11).
- 9) 竹中, 今井, 大西: DDX-2 パケット交換網のトラヒック制御, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 3051 (昭 52-11).
  - 10) John M. McQuillan., Ira Richer. and Eric C. Rosen: An Overview of the New Routing Algorithm for the ARPANET, 6 th Data Com. Sym. (1979).
  - 11) 土井, 中島, 田辺: DDX-2 パケット交換網の保守設計, 通研実報, Vol. 26, No. 11, p. 3067 (昭 52-11).
  - 12) Roberts, L. G.: Packet Network Design-the Third Generation, Proceedings, IFIPS Congress (1977).
  - 13) Ian Mcgibbon, G. and Howard Gibbs: A Phased Approach to the Introduction of a Public Packet Switched Network, MEXICON '77.
  - 14) Bertin, C., Adam, J. C., Guinaudeau, P. and Matras, Y.: Development of a Packet Switching Node Prior to Opening of the French PTT Network, to Help Future Users Debug their Network Access Software, proceedings, 4 th ICCO (1978).
  - 15) Christopher B. Newport and Pradeep Kaul: Communications Processors for TELENET's Third Generation Packet Switching Network, EASCON-77.
  - 16) David A. Twyver: The DATAPAC Network and The SL-10 Data Network Processor, MEXICON '77.

(昭和 55 年 4 月 23 日受付)