

# コンピュータネットワークにおけるシステム設計論

## A Theory of System Design in Computer Network

渋井 二三男\*  
Fumio Sibui

コンピュータネットワークをシステム設計する上で最も重要であり、コンピュータネットワーク技術の核となるのがパケット交換インタフェース技術とあってよいであろう。このインタフェース条件には、物理的条件、電気的条件、論理的条件があり、また、パケット交換網に接続できるのは、パケット形態端末装置、非パケット形態端末装置（一般端末装置）がある。ここではコンピュータネットワークをシステム設計する上で最低限必要な、最も UP DATE されたコンセプトについて概観する。

### 1. パケット形態端末装置のインタフェース

パケット形態端末装置は見掛け上、同時に複数の端末装置と通信しているように見える端末装置である。

パケット形態端末装置間通信（PT-PT 間通信）では、

- ① 電氣的・物理的条件
- ② フレームレベルインタフェース
- ③ パケットレベルインタフェース

の3つの規定を、また、非パケット形態端末装置・パケット形態端末装置間通信（NPT-PT 間通信）では、

- ④ PAD・PT インタフェース

の計4つについて規定を守るように CCITT 勧告がなされており、パケット形態端末装置はこれらに準拠したインタフェースをもっている。

また、OSI（開放型システム間相互接続：Open Systems Interconnection）では異なるコンピュータ間を接続するためのプロトコルを規定しており、その通信機能を7つに階層化して説明している。パケット形態端末装置のインタフェース条件を説明するのに都合がよいので、まず OSI

---

\* 城西大学女子短期大学部

についての説明から入る。

## 1.1 OSIの7つの段階

OSIの7つの階層とは、

- (1) 通信回線の電氣的・物理的条件を規定する物理層（レイヤ1）
- (2) 隣接する開放型システム間のデータ伝送を分担するデータリンク層（レイヤ2）
- (3) 1つに以上の通信回線網・中継の開放型システムを経由した開放型システム間でのデータ転送に必要な方路制御・中継を分担するネットワーク層（レイヤ3）
- (4) 通信回線網によるサービス品質のバラツキを補完し、業務目的に適した品質の開放型システム間のデータ転送を可能にするトランスポート層（レイヤ4）
- (5) 応用プロセス間の通信における会話制御を分担するセッション層（レイヤ5）
- (6) コードの識別・変換や暗号化、データ圧縮など、情報の表現形式に関する規定をするプレゼンテーション層（レイヤ6）
- (7) 適用業務で扱う情報の意味・内容規定をする応用層（レイヤ7）

の7つの階層である。図1にOSIの7つの概念図を示す。

ここでは、紙面の関係でパケット交換網に絡ませ、7つの階層のうち、レイヤ3のみを説明する。

### (1) 物理層（レイヤ1）

上位層から転送されるデータを通信回線上に伝送し、隣接する装置に忠実に伝送するための、電

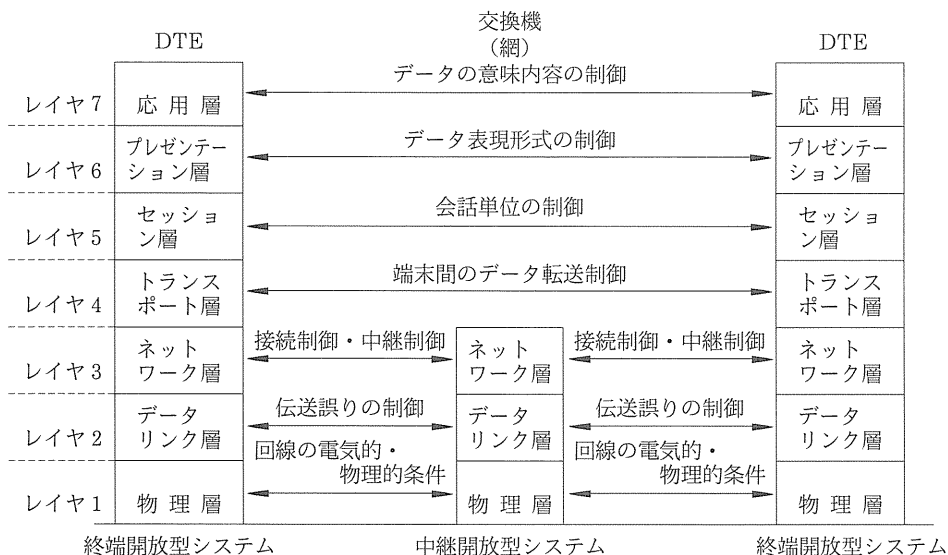


図1 OSIの7層モデルの概念図

氣的制御機能を受け持つ層。

物理層ではただ単に装置間をケーブルで接続するだけでなく、接続するためのコネクタの形状、ピン数、信号のピンの位置などの機能的整合条件、電気回路の電氣的整合条件などを定める。

### (2) データリンク層 (レイヤ2)

データリンク層はビット伝送のための伝送路が物理層から提供されると、ネットワーク層に対してトランスペアレントにビット伝送するためのデータリンク・コネクションを提供する。具体的には連続するビット列(データ)を伝送単位に区切る伝送単位ごとの順序制御、誤り検出・回復機能、フロー制御機能などがある。HDLC手順はこの層に対応する。フレームレベルインタフェースもこの層に対応する。

### (3) ネットワーク層 (レイヤ3)

ネットワーク層はデータリンク層の機能を利用し、1つまたは複数の通信網を介し、コンピュータや端末などのシステム間のトランスペアレントなデータ転送を行う。つまり、ネットワーク層に中継機能をもたせ、端末間の通信ができる通信路を上位層に提供することである。

ネットワーク層はパケットレベルインタフェースに対応する。ここで、パケットのフォーマットや転送手順を規定している。

## 1.2 電氣的・物理的条件

パケット形態端末装置の電氣的条件および物理的条件は通信速度(品目)によって異なる。同期方式はすべての品目に対して同期式である。表1および表2に、品目による電氣的条件・物理的条件の関係を示す。

## 1.3 フレームレベルインタフェース

パケット形態端末装置は、パケット多重通信が可能であり、1本の加入者線に対して多数の論理

表1 パケット形態端末装置の電氣的条件・物理的条件

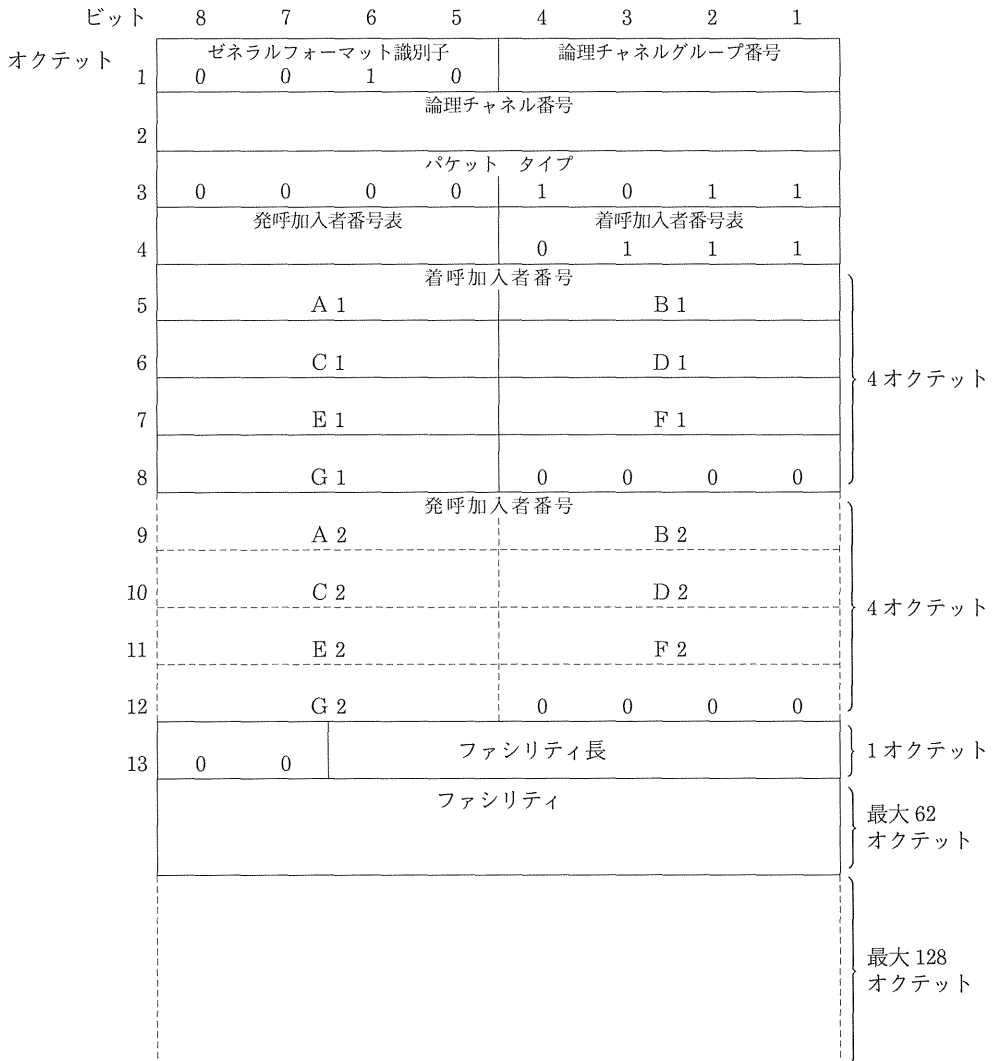
通信速度 (品目) (bit/s)	接続コネクタのピン数	接続回路とピン番号	電氣的特性	備考
2,400	15ピンコネクタ	X. 21	V. 10	Xシリーズ
4,800			V. 11	
9,600	25ピンコネクタ	V. 24	V. 28	Vシリーズ
48,000	15ピンコネクタ	X. 21	V. 11	Xシリーズ
	34ピンコネクタ	V. 35	V. 35	Vシリーズ

すべて同期式同期方式



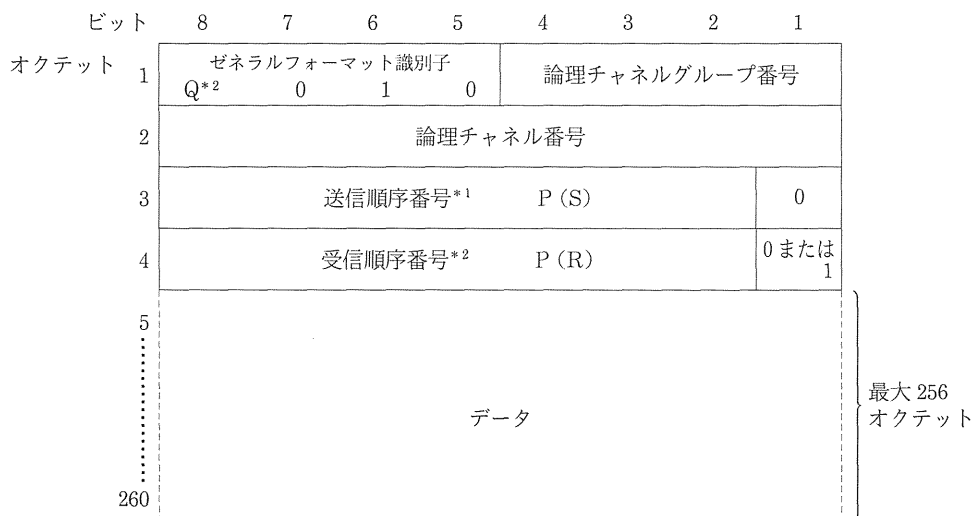
### 1.4 パケットレベルインタフェース

パケットレベルインタフェースでは、パケットのフォーマットや転送手順を規定する。該当端末装置と通信相手との間の論理チャンネルに関する規定で、論理チャンネルの設定、解放すなわち、発呼、指定端末装置との接続、切断などの手順およびパケットフォーマットの規定、制御手順から構成される。図3～図5に代表的なパケットのフォーマットを示す。パケットフォーマットの中の論



- (注) ①表中点線部分はオプション  
 ②発呼者番号表は、発呼者番号を付加するときは、“0111”，付加しないときは“0000”を入れる。  
 ③A 1～G 1およびA 2～G 2は、各加入者番号を2進10進数(4ビット)で表したものの。

図3 パケットの構造(その1) 発呼要求パケット(CR)



- \*1 送信順序番号 P (S) および受信順序番号 P (S) は、0 から 127 までの値で、127 の次は 0 に戻る。
- \*2 ベーシック伝送制御手順の NPT と通信する場合で、伝送制御コードを転送するとき、Q を "1" にする。

図4 パケットの構造 (その2) データパケット (DT)

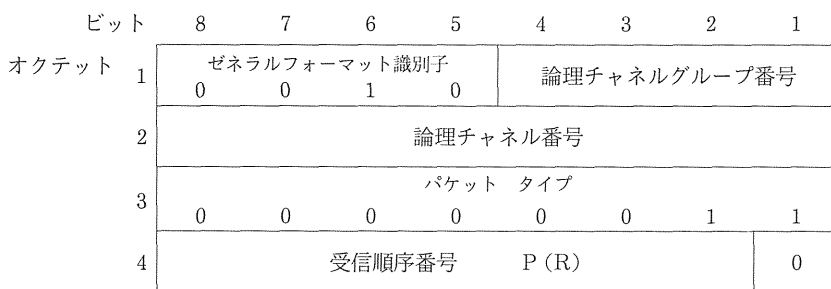


図5 パケットの構造 (その3) 受信可パケット (RR)

理チャンネルグループ番号 (4 ビット)、論理チャンネル番号 (8 ビット) の計 12 ビットで論理チャンネルの識別を行う。論理チャンネルの数はパケット多重の多重数であり、 $2^{12} = 4,096$  の論理チャンネルをもつことができる。また、送信順序番号 P (S)、受信順序番号 P (R) はパケットの順序制御、流量制御および送達確認の目的で用いられ、これらの制御は各論理チャンネルごとに行われる。

### 1.5 PAD・PT インタフェース

PAD・PT インタフェースは、パケット形態端末装置と一般端末装置が通信するために、パケット交換網の PAD 装置とパケット形態端末装置との間の通信手順を規定している。一般端末装置は、呼の設定・解放手順やデータ転送方式がパケット形態端末装置と異なるので、PAD 装置にて一般端末装置の手順をパケットレベルプロトコルに変更する。一般端末装置にはデータをパケットに組み立てたり分解する機能をもたないので、PAD が代わってパケットの組立・分解を行う。

このため、PAD・PT インタフェースでは、呼の設定・解放手順は接続制御手順に従うが、制御パケットのフォーマットやウィンドウサイズ制御などについてはより詳細に決めておかなければならない。また、ユーザのデータを転送する手順については、データ転送手順に従うが、端末装置の手順の種類などに合わせパケットの組立・分解、データの送受信方法などにより詳細に決める必要がある。

### (1) 呼の設定手順

PTが発呼するとCRパケットをPADに対して送信する。PADがこのCRパケットを受けると、復呼一般端末装置が通信可能な状態であるかどうかを調べ、通信可能であればその一般端末装置を呼び出す。PADからの呼出し信号に対して一般端末装置から応答があると、PADはPTに対して接続完了パケットを送信して通信状態に入る。

被呼側一般端末装置が通信できない状態であるとき、あるいは呼び出しに対して応答がない場合、PADからPTに対して切断指示パケットを送信し、切断状態に入る。

端末が発呼する際、ウィンドウサイズの設定が必要であるが、PTの場合はこれを省略することができる。この場合、PADが接続完了パケットに表3に示すウィンドウサイズを付加して設定しなければならない。また、PTが一般端末装置と通信するために、通信手順を合わせなければならない。PTが送出する発呼要求パケットに通信手順を指定したプロトコルID (PID) を付加してPADに送信する。しかし、PTがプロトコルIDを指定しない場合、あるいはPTが指定したプ

表3 PADにおけるウィンドウサイズと端末速度

	200	300	1,200	2,400	4,800	9,600	備 考
発呼	3	3	3	3	4	5	DTE側から転送するときのウィンドウサイズ
着呼	3	3	3	3	4	5	

表4 PIDの第1オクテットコーディング例

通信端末種別	コーディング 8 7 6 5 4 3 2 1	説 明
デミリタ端末	0 1 0 0 0 0 0 1	DEL #1の場合
	0 1 0 0 0 1 0 1	DEL #2の場合
	0 1 0 0 1 0 0 1	DEL #3の場合
会話形 ベーシック手順端末	0 1 0 0 0 0 1 0	テキストのエンドツーエンドの応答確認を行わない場合
	0 1 0 0 1 0 1 0	テキストのエンドツーエンドの応答確認を行う場合
全二重 ベーシック手順端末	0 1 0 0 0 1 1 0	テキストのエンドツーエンドの応答確認を行わない場合
	0 1 0 0 1 1 1 0	テキストのエンドツーエンドの応答確認を行う場合
HDLC 手順 端末	0 1 0 0 0 0 1 1	

ロトコル ID が誤っている場合、PAD が正しいプロトコル ID を通信可パケットに指定して、PT に送り返して正しい通信手順を設定する方法もある。このようにあらかじめ通信相手の通信手順がわかっていなくても、PT と PAD との間で情報の交換を行って通信を成り立たせるための呼の設定は可能である。プロトコル ID は 4 オクテットで構成され、このうち第 1 オクテットのコーディングの例を表 4 に示す（第 2～4 オクテットはすべて“0”とする）。

一般端末装置が PT に発呼した場合は一般端末装置からの発呼を PAD が確認し、ウィンドウサイズやプロトコル ID を付加した着信パケットをつくり、PT へ送信する。PT が通信可能であれば、着信パケットで指定されたウィンドウサイズ以下の値を指定した着呼受付パケットを PAD に送信して通信が可能になる。着信呼を拒否するときは復旧要求パケットを送り返す。

## （2） 呼の解放手順

PT が通信中の呼を解放するときは PT から PAD に対して復旧要求パケットを送信する。PAD がこの復旧要求パケットを受信すると、PAD は一般端末装置とのデータの転送を終了した後、一般端末装置に対し切断の指示を行うと同時に、PT へ切断確認パケットを送信する。このため、PT は切断確認パケットを受信して、PAD と一般端末装置との間の切断動作がすべて終わったかどうか確認することはできない。この切断確認動作がすべて終わったかどうかは、PAD と一般端末装置との間のインタフェースによって決まる。

一般端末装置が通信中の呼を切断するとき、または PAD が異常を検出したとき、PAD は切断指示パケットを PT へ送信して呼の切断を指示する。PT は切断指示パケットを受信した後、切断確認パケットを PAD に返送し呼を解放する。

## （3） データ転送

データを転送するのは、基本的には PT-PT 間データ転送手順によるが、流量制御手順や受信の確認などについてはより詳細な規定が必要となる。

PT から一般端末装置にデータを送る場合、PT と PAD との間はデータパケットの連続送信が可能である。このため、PAD は一般端末装置へのデータの送信を完了し、次に一般端末装置に送信すべきデータがない場合、または、送信が完了したデータパケットの送信シーケンス番号とウィンドウの差がある値（表 5）になったとき、PAD は PT に対して受信可パケットを送信する。

表 5 PAD における受信可パケット送信条件

ウィンドウサイズ	1	2	3	4	5
RR パケット返送条件*	0	0	1	2	3

\* データパケット送信シーケンス番号とウィンドウの差の値。

一般端末装置から PT へデータを転送する場合、PAD は、ウィンドウが一杯になるまで一般端末装置からのデータを受信するが、ウィンドウが一杯になると、一般端末装置からの受信を停止する。この場合、



ベーシック手順端末装置やハイレベル手順端末装置のように、PADが一般端末装置からの送信を手順により止められるものについてはデータが紛失するようなことはないが、デリミタ端末装置では受信を止めることができないので、データが紛失し切断となってしまうことが起こりうる。このため、PTがデリミタ端末装置と通信する場合、できるだけ早く受信可パケットまたは、データパケットによって応答を返すか、あるいはユーザ側での紛失の監視が必要である。

### 1.6 X.25 インタフェース

CCITT（国際電信電話諮問委員会）勧告 X.25 は、パケット形態端末装置のインタフェースについて規定したもので、

レベル1：電氣的・物理的条件

レベル2：リンクレベルプロトコル

レベル3：パケットレベルプロトコル

の3つのレベルについて基本的仕様を定めている（これらはOSIのレイヤ1~3に相当する）。これまでにパケット形態端末装置のインタフェース条件については説明したが、まとめの意味でX.25インタフェース条件について説明する。

#### (1) 電氣的・物理的条件

電氣的・物理的条件は、直通回線および回線交換回線を使用する場合に必要となる、X.21およびX.21 bisと同じ条件となる。

#### (2) 論理的條件

論理的條件については、“フレーム制御レベル”と“パケット制御レベル”のインタフェースに分けることができる。

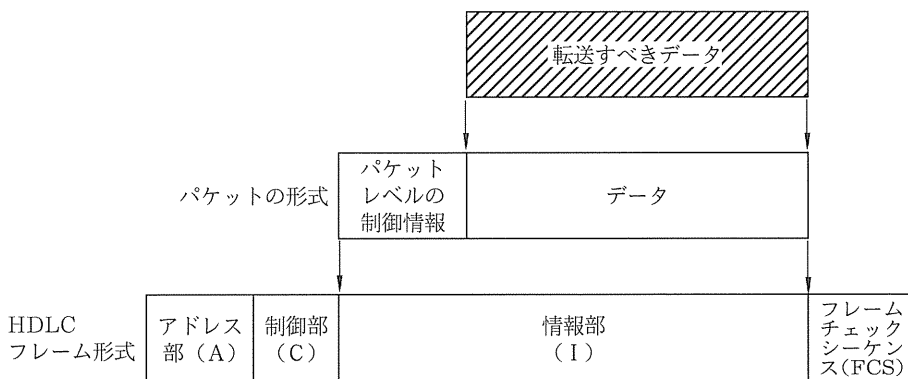


図6 フレーム形式とパケット形式の関係

フレーム（リンク）制御レベルのインタフェースはパケット形態端末装置（PT）とパケット交換（PS）網間のフレーム伝送の手順について規定したもので、ISO のハイレベルデータリンク制御（HDLC）の平衡形手順クラスに相当する手順である。

パケット制御レベルのインタフェースはフレームの伝送によって送受信されるパケットの形式や、パケット交換網を介して接続される端末相互間のデータの送受信手順を規定している。転送すべきデータに対するフレーム制御レベルで規定するフレームとパケット制御レベルで規定するパケットの関係を図 6 に示す。

本稿は渋井二三男監修，電気通信技術者「端末設備の接続のための技術」を加筆修正したものである。