

データ交換網

渋井 二三男

わが国におけるデータ交換網にNTTが提供する DDX (Digital Data Exchange) がある。これはNTTが Denden-Kosya Data Exchange=DDX として開発、実用化したデータ交換網である。DDX には、回線交換サービスとパケット交換サービスがあり、サービスを開始した。

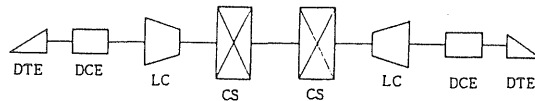
現在も着実に社会のニーズに応え、産業界を中心にサービスを提供している。

回線交換方式

回線交換方式とは、電話交換方式と同じように、発信側端末装置からのダイヤル番号（接続先を選択する番号）を交換機が受けて通信回線を接続し、通信が終われば端末装置からの切断信号によって通信回線を切断（開放）する方式である。（図1）1度、通信用回線が決まってしまうと、切断まで交換機はまったく関与しない（ただ単に通信用の経路を与えるだけ）ので電文のフォーマットや通信速度符号化の方法、端末間の制御信号（方法）などは、端末側で自由に設定することが可能である。通信が終了するまで通信回線は接続したままであるので、即時性のデータ通信や、通信時間が長く、通信密度の高いデータ通信に適している。これと反対に、データに即時性が不要でなく、通信密度のそれほど高くない場合、交換機にデータの蓄積機能をもたせ、ある一定の時間だけ回線を接続してデータの通信を行うものを、蓄積交換方式（蓄積交換方式の中にパケット交換方式がある）という。

回線交換方式の伝送路は PCM (Pulse Code Modulation) 方式によるデジタル伝送方式であるので、高速、高品質のデータ通信が可能である。

データ端末装置は、タイプライタ、VDT (Video Display Terminal) などであり、人間とのインタフェースを司る。回線終端装置は DSU (Digital Service Unit), MODEM などであり、データ通信網の加入者側（宅）に置かれ、DTE が加入者線を介してデータの送受信を行うためのものである。集線装置は、回線交換装置へのデータ通信加入者回線を集線・多重化する装置である。集線・多重化の逆の分離・展開も行う。回線交換装置は、多重化されたデジタル信号をそのまま交換する装置である。



DCE : Data Terminal Equipment	データ端末装置
DCE : Data Circuit-terminating Equipment	回線終端装置
LC : Line Concentrator	データ端末装置
CS : Circuit Switching System	データ端末装置

図1 回線交換方式の基本構成

回線交換方式の特徴

回線交換方式には、デジタル信号でのデータ通信であるので、①通信速度が速い、②伝送品質が高い、③経済的にシステムを構成できる、④接続時間が短いなどの特徴がある。

通信速度

電話網では、1回線当りのデータ通信速度はモデムを使用するので9600bit/s程度が限度であった。これに対して、回線交換方式では、1回線当り64kbit/sのデジタル信号となっているので、原則的にはこれらのデジタル信号をすべてデータ信号として使うことができる。電話網の6倍以上の速度での通信が可能になる。

伝送品質

電話網では、DTEからのデータをモデムでアナログ信号(音声信号)に変換して通信を行っているが、回線交換方式ではモデムを介さず、デジタル信号のまま通信を行うので、雑音やひずみに強く、アナログ方式によるものに比べてビット誤り率は、1桁ほど改善され、品質も安定している。

経済的なシステム構成

モデムは高速になればなるほど、急激に価格が高くなる。回線交換方式では、直接デジタル信号でデータ通信を行うため、モデムを必要としない。したがって、高速になればなるほど経済的にシステムを構成することができる。

接続時間の短縮

電話網では、接続先を選択する選択信号にダイヤルパルスあるいはプッシュボタンによるPB信

号で送られていた。1つの数字を送るのに10pps (pps=pulse per secondo) のダイヤルパルスの場合、数字‘1’では約100ms、数字‘9’ではその9倍の900msもかかってしまう。PB信号の場合でも数字1桁当り約80msを必要とする。これに対し回線交換網では、ダイヤルパルスに代わってキャラクタ符号によるキャラクタダイヤルが採用されており、端末装置のデータ通信速度と同じ速度で選択信号を送出することができる。たとえば、300bit/sの低速端末であっても、1数字約30msで送することができるのである。また、交換機間は48kbit/sで信号の送受を行っているので、通常の接続時間はおよそ1秒である。

方式概要

デジタル交換機の原理

デジタル交換機は、時分割技術を用いて交換しているところから、TD (Time Division) 交換機、時分割交換機ともいわれている。図2にデジタル交換機の原理図を示す。図において、入データ線(1, 1)の信号が、出データ線(2, n)にいく場合で説明すると、入データ線(1, 1)の信号は、多重化回路(1)によって、ほかの入データ線(1, 2)~(1, n)の信号とともに多重化され、入ハイウェイ(1)に出力される。入ハイウェイ(1)に多重化された入データ線(1, 1)の信号は、スイッチ回路によって交換され、出ハイウェイ(2)に出力される。分離回路(2)では、入データ線(1, 1)の信号を出データ線(2, n)へ出力するように、多重化された信号を分離していく。このようにして、入データ線(1, 1)に入ってきた信号は、交換されて出データ線(2, n)に出ていくのである。

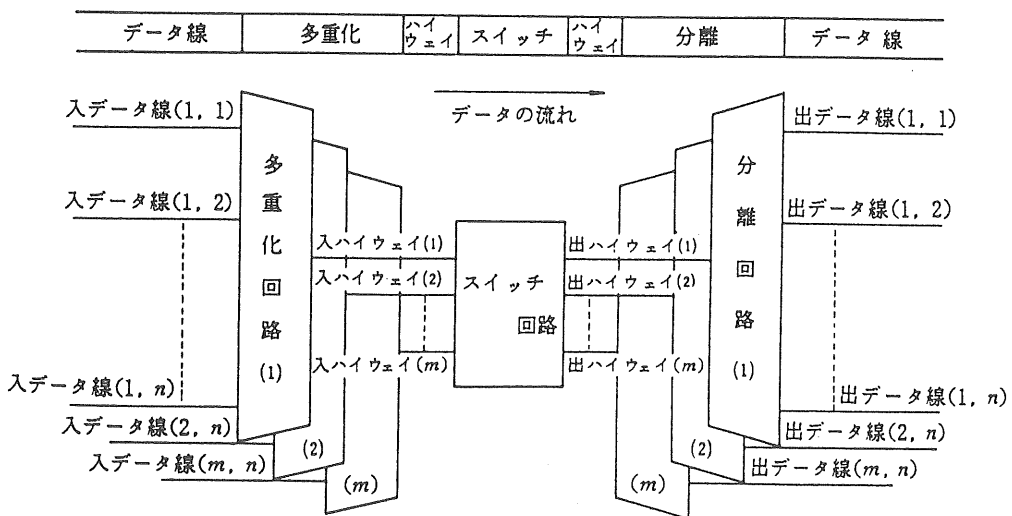


図2 デジタル交換機の原理

図3は、多重化（分離）について説明した図である。図3において、第1のデータ信号は‘0, 1, 0, 0, 1…’のデータ、第2のデータ信号は、‘1, 0, 0, 1, 0…’のデータ、第3のデータは、‘1, 1, 0, 0, 1…’のデータ、第4のデータ信号は、‘1, 0, 1, 1, 0…’のデータをそれぞれ伝送している状態を示している。これらのデータ信号を多重化回路で、第1のデータ信号から順に多重化していくのである。T1=T2=T3=T4=T5=Tであり、この時間内に1ビット分のデータ信号の多重化が必要である。図では、4多重の例を示しているため、多重化された後の1ビット当りのパルス幅は入力時のパルス幅の1/4になっている。

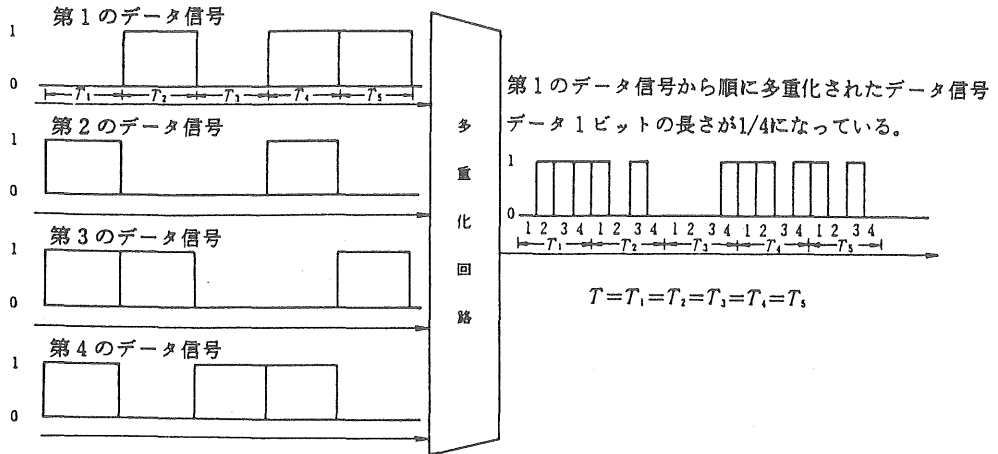


図3 多重化回路（4多重の例）

多重化回路の出力信号は、Tの時間に、第1のデータ信号から第4のデータ信号まで順に並べられている。T1の時間では、第1のデータ信号は‘0’、第2のデータ信号は、‘1’、第3のデータ信号は‘1’、第4のデータ信号は‘1’であるので、出力のデータも、‘0, 1, 1, 1’のように並んでいる。T2, T3, T4, T5のおおのこの時間においても同様である。

多重化されたデータ信号の通り道を母線 (Highway) とよび、また母線上の多重化された個々の通り道をチャネル (Channel) とよぶ。

分離は、多重化の逆で、母線上の多重化されて送られてきたデータを、個々のデータに分離再生することである。

次にスイッチ回路について説明する。スイッチ回路は、空間スイッチと時間スイッチがある。図4に空間スイッチ、図5に時間スイッチの原理を示す。

図4でいま入ハイウェイ2のCH3の信号を出ハイウェイ5に出力する場合を例にとり説明する。図においてGはゲート (Gate), Tはトリガ (Trigger) を示す。図の左下にゲート部分の基本的な回路を示す。入ハイウェイ2の信号を出ハイウェイ5に出してやるためには、その交点にあるゲートG52を開けばよいわけであるが、CH3のデータだけを通すためには、トリガG52にCH3信号に同期したトリガパルスを加えればよいことになる。この時間、出ハイウェイ5に接続さ

れているほかのゲート (G51, G53, G54) は閉じておかないと、データが誤ってしまう。このことから、空間スイッチでは、出力したい信号の時間位置 (チャンネル) は、入力信号のそれに左右されてしまうということがわかり、チャンネルのブロックが発生してしまうことがわかる。

このブロックを少なくするため、チャンネルの変換 (タイムスロットの変換) を行う機能をもったのが、図5に示す時間スイッチである。

時間スイッチは、メモリ回路そのものであり、入ハイウェイのデータを一時メモリ上に収容し、必要なときに入ハイウェイの必要なチャンネルメモリの内容を読み出すことでチャンネルの変換 (タイムスロットの変換, 入れ換え) を行うものである。空間スイッチでは入と出の時間差は、ゲート回路の伝搬遅延時間程度であるが、時間スイッチの場合メモリに書き込んだデータを再び読み出すという作業が必要であることから、最大ハイウェイの1周期分 (Tに相当) の遅れが発生する。

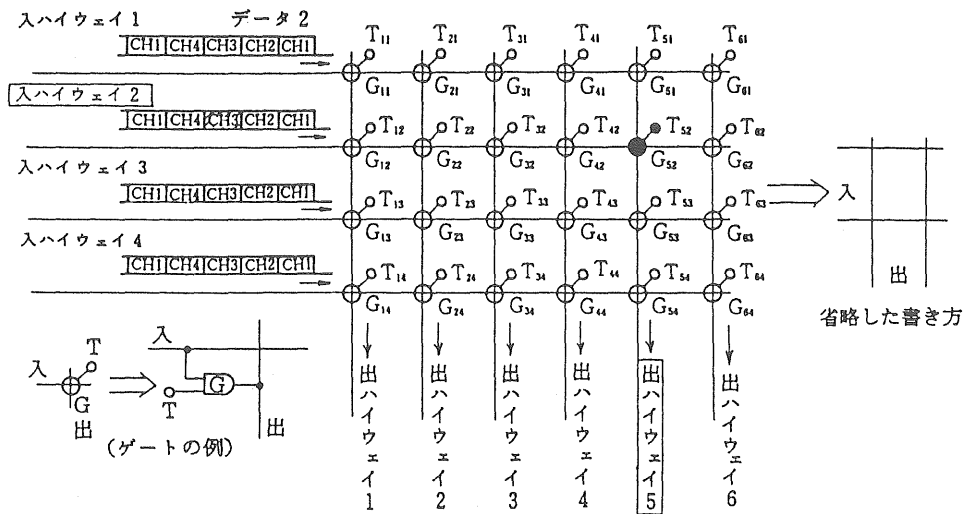


図4 スイッチ回路(1) 空間スイッチ回路 (4×6スイッチの例)

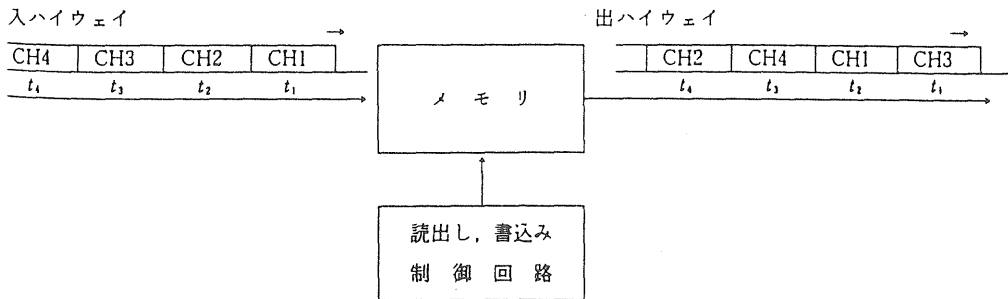


図5 スイッチ回路(2) 時間スイッチ回路

図5において、 t_1, t_2, t_3, t_4 は、入、出おのおののハイウェイのタイムスロットを表し、CH1~CH4は、データを示す。いま、図では、入ハイウェイのタイムスロット t_1 にはCH1のデータが、タイムスロット t_2 にはCH2のデータ、 t_3 にはCH3のデータ、 t_4 にはCH4のデータがきていて、順次メモリに記憶されていく。出ハイウェイのタイムスロット t_1 にはCH3のデータ、 t_2 にはCH1のデータ、 t_3 にはCH4のデータ、 t_4 にはCH2のデータとなるように制御回路によってメモリを読み出すことにより、各タイムスロットにおけるデータの内容を入れ換えることが可能になる。この時間スイッチを、タイムスロットの入れ換えを行うことから、TSI (Time Slot Interchanger) ともいう。この時間スイッチだけでもデータの交換は可能で、この場合をT1段時分割交換方式ともいう。T1段だと、多重度に限界があるため、比較的容量の少ない（端子数の少ない）交換機に用いられる方式である。

端子数を大きくするためには、時間スイッチをいくつか置き、そのハイウェイ間を空間スイッチで切り換える方法がとられる。図6にその方法を示す。入ハイウェイ側空間スイッチで、時間スイッチを選び、選ばれた時間スイッチで必要とするタイムスロットへ変換し、出ハイウェイ側の空間スイッチで出力すべきハイウェイを選択するのである。この方式だと、端子数は時間スイッチの数だけ増やすことができるので、大容量の交換機に用いられる方式である。空間スイッチ(S)、時間スイッチ(T)、空間スイッチ(S)の組み合わせであるので、STS方式ともよばれる。

STS方式は、Tスイッチに用いられるメモリが比較的高かったときに用いられた方法であるが、メモリIC(LSI)の低価格化に伴い図7に示す。TST方式が一般的になっている。

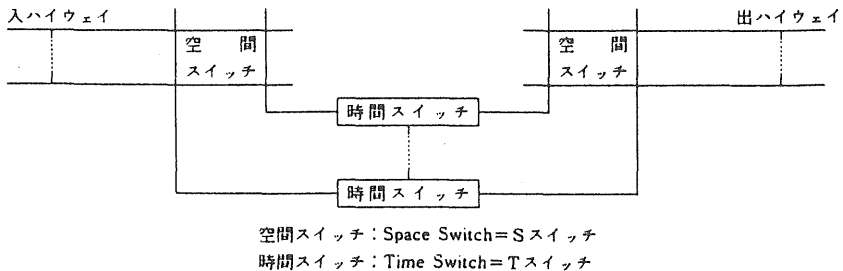


図6 スイッチ回路(3) 空間スイッチと時間スイッチの組合せ(STS)

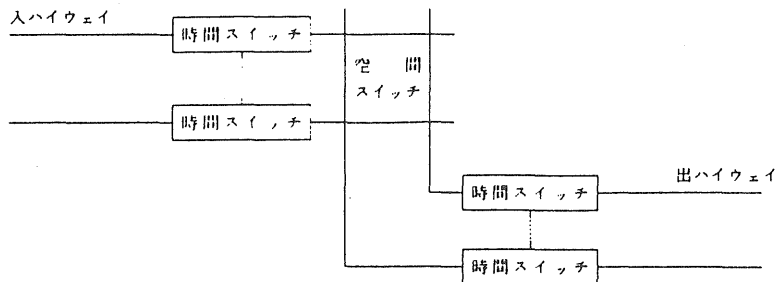


図7 スイッチ回路(4) 空間スイッチと時間スイッチの組合せ(TST)

網の同期

回線交換網では、交換機内および交換機間の伝送路を通るデータは時分割多重化されている。前述での説明からもわかるように、空間スイッチ、時間スイッチおよび多重化(分離)回路では、いっせいにゲートあるいはスイッチを開いたり、閉じたりしないとデータが目的とする場所に届かなかったり、余計なところにまで届いてしまったり、あるいはデータの内容が誤って伝えられたりしてしまう。このようなことがないように、網全体で基準となる信号を決め、この基準信号で網全体のデータの送受信を行うことを、‘網の同期をとる’という。基準信号をクロック信号(Clock Signal)ともいう。

わが国における回線交換網では、その網の最上位局に、周波数安定度の高い発振器を設置し、ほかの局に対してクロック信号を分配し、網全体の同期をとる従属同期方式を採用している。ちなみにこのクロック信号の周波数は、1.544 MHzである。

回線交換網における各種サービス

回線交換サービスでは、端末からの接続要求信号によって全二重の伝送路を端末間で設定し、端末間のデータ伝送ができるようにするサービスである。付加サービスとしては、次にあげるものがある。

(1) 閉域接続サービス

- ・ペ ア 形 通信しようとする一対の端末以外の端末との通信を規制する。
- ・グループ形 通信しようとする複数端末で構成されたグループ以外との通信を規制する。

いずれの場合も、あらかじめ決めておいた端末あるいは端末グループ以外との接続を規制するので、公衆回線を専用線的な使い方ができる。

(2) ダイレクトコールサービス

起呼操作をするだけであらかじめ設定しておいた相手との接続がされる。電話サービスでいえば、ホットラインサービス(受話器をあげただけで、あらかじめ設定しておいた相手に接続されるサービス)に似ている。

(3) 相手通知サービス

接続したときに、発側、着側それぞれの端末に、相手の番号を知らせるサービス。データ通信を始める前に通信相手を確認することができる。

(4) 短縮ダイヤルサービス

通信相手の番号をあらかじめ2桁の数字に登録しておき、発信のとき、この数字を送ることによって、相手と接続される。接続時間を短くすることが可能になる。

(5) 発／着信専用

発信専用あるいは着信専用端末として設定することができる。

(6) 通信料一括課金サービス

通信料金の着信側払いサービス。着信側が契約していると着信した通信はすべて着信側に課金される。この端末が発信したときもこの端末に課金される。

(7) 代表扱いサービス

電話の代表番号サービスと同じ。代表番号をもった回線を使用中でも、この番号に着信があると自動的に代表グループを組んでいるほかの回線に着信するサービス。

回線交換網の通信料金は、回線の使用時間（回線保留時間）と通信距離に見合った料金となっている（パケット交換網は、通信した情報量と距離に比例した料金となっている）。

(8) 端末の通信速度（品目）

回線交換サービスでは、表1に示す7種類の通信速度のサービスを行っている（通信速度のことを契約上、品目とよんでいる）。

表1 回線交換サービス通信速度（品目）

通信速度（品目） (bit/s)	内 容	同期方式	キャラクタダイアル速度 (bit/s)
200	200bit/s 以下の符号伝送の可能なもの	調 歩 式	200
300	300bit/s 以下の符号伝送の可能なもの	調 歩 式	300
1,200	1,200bit/s 以下の符号伝送の可能なもの	調 歩 式	1,200
2,400	2,400bit/s の符号伝送の可能なもの	同 期 式	2,400
4,800	4,800bit/s の符号伝送の可能なもの	同 期 式	4,800
9,600	9,600bit/s の符号伝送の可能なもの	同 期 式	9,600
48,000	48,000bit/s の符号伝送の可能なもの	同 期 式	48,000

課 金 方 式

回線交換サービスにおける通信料金は、通信時間と距離によるK課金方式（距離別時間差法）で算出される（下式参照）。

$$\frac{\text{通信時間}}{\text{単位時間}} = \text{登算度数}$$

$$\text{単位料金} \times \text{登算度数} = \text{通信料金}$$

課金の対象となる時間は、通常の電話における課金と同様に、接続完了（通信可能信号送出時）から、復旧要求信号検出（切断要求信号検出）までの、回線保留時間である。障害、規制、話中などの接続が完了しない場合については、課金されない。

また、通信を目的としない接続、たとえば短縮ダイヤル登録、閉域接続の登録および解除、発着信接続試験などについても課金はされない。

まる7桁の数字である（表2参照）。

***開番号方式（開放番号方式）**

日本の電話網では、市内通話は閉番号方式で、全国自動即時通話は開番号方式というように2つの方式がとられている。日本で市外通話をするとき、はじめに、‘0’をダイヤルするのは、自分が加入している市内網から市外網へと接続を切り換えるために必要であり、閉番号地区から地区外へ開放するためである。

表3に各種接続におけるダイヤルフォーマットを示す。

電話網では、単位料金区域（MA）は市外局番で行っているが、回線交換サービスでは、A～Dまでの4数字以内で行っている。また、MAは、電話網と同じになっている。

本稿は渋井二三男監修「電気通信講座」を加筆修正したものである。