



第7章 现代交换技术

7.1 概述

7.2 电话交换技术

7.3 分组交换技术

7.4 帧中继技术

7.5 ATM技术



7.1 概述

数据交换技术（data switching techniques）是在两个或多个数据终端设备（DTE）之间建立数据通信的暂时互连通路的各种技术。

在数据通信系统中，当终端与计算机之间，或者计算机与计算机之间不是直通专线连接，而是要经过通信网的接续过程来建立连接的时候，那么两端系统之间的传输通路就是通过通信网络中若干节点转接而成的所谓“交换线路”。



7.1 概述

交换技术是通信网的重要组成部分。它起源于电话接续过程。下图是交换技术发展的过程。



图 交换技术的发展



7.1.1 电路交换

电路交换(CS: Circuit Switching)是最早出现的一种交换方式, 包括最早的人工电话在内的电话交换普遍采用电路交换方式。

电路交换的基本过程:





7.1.1 电路交换

电路交换是一种实时交换，当某一用户呼叫另一用户时，应立即在两个用户间[建立电路连接](#)，如果没有空闲的电路，呼叫就不能建立而遭受损失。因此，应配备足够的连接电路，使呼叫损失率不超过规定值。



7.1.1 电路交换

电路交换要在通信的用户间建立专用的物理连接通路，具备以下特点：

- 利用率——电路交换是固定分配带宽，连接建立后，即使无信息传送也要虚占电路，电路利用率低；
- 实时性——要预先建立连接，有一定的连接建立时延，通路建立后可实时传送信息，传输时延一般可以不计；
- 无差错控制措施，对于数据交换的可靠性没有分组交换高。

因此，电路交换适合于电话交换、文件传送、高速传真，不适合突发(burst)业务和对差错敏感的数据业务。



7.1.2 分组交换

分组交换是一种**存储转发**的交换方式。在传送数据分组之前，必须首先建立虚电路，然后依序传送。





7.1.2 分组交换

在分组交换网中可以在一条实际的电路上，能够传输许多对用户终端间的数据。

基本原理：

把一条电路分成若干条逻辑信道

对每一条逻辑信道有一个编号，称为逻辑信道号

将两个用户终端之间的若干段逻辑信道经交换机链接起来构成虚电路



7.1.2 分组交换

分组交换在线路上采用动态复用的技术来传送各个分组，带宽可以动态复用。

分组交换提供两种方式

- 虚电路方式
- 数据报方式



7.1.2 分组交换

1. 虚电路方式和数据报方式

虚电路(VC: Virtual Circuit)方式与数据报(DG: Data gram) 方式, 各有其特点, 可适应不同业务的要求。

(1) 虚电路

- 虚电路方式, 就是在用户数据传送前先要通过发送呼叫请求分组建立端到端之间的虚电路, 一旦虚电路建立后, 属于同一呼叫的数据分组均沿着这一虚电路传送, 最后通过呼叫清除分组来拆除虚电路。



7.1.2 分组交换

- 虚电路特点：

- 不同于电路交换中的物理连接，虚电路是逻辑连接。
- 虚电路并不独占线路，在一条物理线路上可以同时建立多个虚电路，也就是建立多个逻辑连接，以达到资源共享。
- 虽然只是逻辑连接，毕竟也需要建立连接，因此都是面向连接 (CO: Connection Oriented) 的方式。



7.1.2 分组交换

- 虚电路有两种：

- 交换虚电路(SVC: Switched Virtual Circuit)

- 通过用户发送呼叫请求分组来建立虚电路的方式称为SVC。

- 永久虚电路(PVC: Permanent Virtual Circuit)

- 如果应用户预约，由网络运营者为之建立固定的虚电路，就不需要在呼叫时临时建立虚电路，而可直接进入数据传送阶段，称之为PVC。



7.1.2 分组交换

(2) 数据报

数据报不需要预先建立逻辑连接，而是按照每个分组头中的目的地址对各个分组独立进行选路。由于不需要建立连接，称为**无连接**(CL: Connection Less)方式。



7.1.2 分组交换

(3) 虚电路与数据报的比较

① 分组头

- 数据报方式：每个分组头要包含详细的**目的地址**
- 虚电路方式：分组头中只要含有对应于所建立的 V C 的**逻辑信道标识**。

② 选路

- 虚电路方式：预先有个建立过程，在端到端之间所选定的路由上，各个交换节点都要具有映象表，以存放出入逻辑信道的对应关系，每个分组到来时只要查找映象表，就能完成数据分组的交换任务。
- 数据报方式：不需要有建立过程，但对每个分组都要独立地进行选路。



7.1.2 分组交换

③ 分组顺序

- 虚电路方式中，属于同一呼叫的各个分组在**同一条虚电路**上传送，分组会按原有顺序到达终点，不会产生失序现象。
- 数据报方式中，各个分组由于是**独立选路**，可以从不同的路由转送，因此，会引起失序。



7.1.2 分组交换

④ 故障敏感性

- 虚电路方式对故障较为敏感，当发生故障时可能引起虚电路的中断，需要重新建立。
- 数据报方式中各个分组可选择不同路由，从而可靠性较高。

⑤ 应用

- 虚电路方式适用于较连续的数据流传送，其持续时间应显著地大于呼叫建立时间，如文件传送、传真业务等。
- 数据报方式则适用于面向事务的询问 / 响应型数据业务。



7.1.3 帧交换

通常的分组交换是基于X.25协议，X.25包含了3层，对应于开放系统互连OSI模型的下3层，每一层都包含了一组功能。



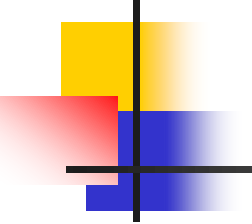
帧交换(FS: Frame Switching)则只有下面两层，没有第3层，简化了协议，加快了处理速度。在第3层传送的数据单元称为**分组**，在第2层传送的数据单元称为**帧(Frame)**。



7.1.3 帧交换

- 帧方式是将用户信息流以帧为单位在网络内传送。
- 帧方式与传统的分组交换比较有两个主要特点：
 - (1) 帧方式是在第2层(链路层)进行复用和传送，而不是在分组层；
 - (2) 帧方式将用户面与控制面分离，而通常的分组交换则未分离。

用户面提供用户信息的传送，控制面则提供呼叫和连接的控制，主要是信令功能。



7.1.4 面向连接方式

面向连接方式就是在用户信息传送前，先要有连接建立过程，在信息传送结束后，要拆除连接。



7.1.5 无连接方式

- 其主要特点是通信开始之前，不需要通过呼叫过程，以建立一条实的或虚的链路。而是将数据分组直接发送到网络中，在IP网络中，路由器根据数据分组的目的地查找路由表，并根据路由表转发数据分组，直到到达目的地。



7.2 电话交换技术

电话交换技术发展：



目前，**程控交换技术**是支持电话交换的最主要技术，下面简要介绍一下数字程控交换技术。

7.2 电话交换技术

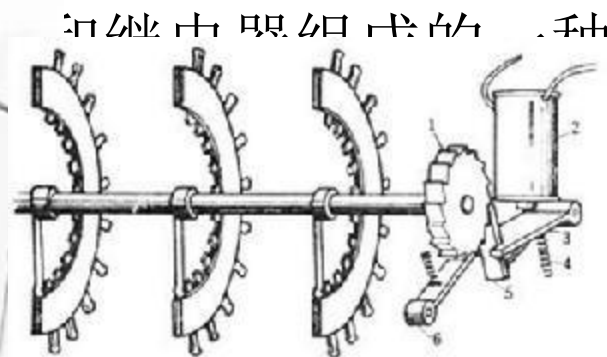


图3 预选器示意图

1 棘轮 2 电磁铁 3 衔铁 4 衔铁复位弹簧
5 旋臂爪 6 齿止弹片

将主叫和被叫用户间的电话线路自动接通

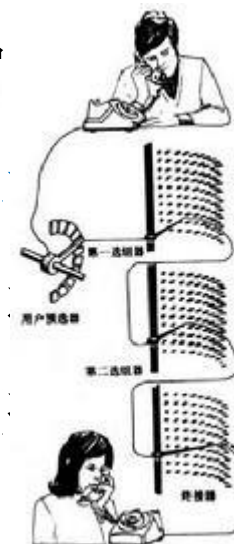


图4 四位数字电话中继方式示意图

7.2 电话交换技术



由纵
设备

式
效，



小，因而通话质量好，维护工作量小，有利于开放数据通信、用户电报、传真电报、书写电话等业务。

普通管理用户图

GSM

CDMA

环路

1-16外线



可实现用户留言



管理终端

环路普通市话线

GSM CDMA 无线接入

远端维护管理

广播接口

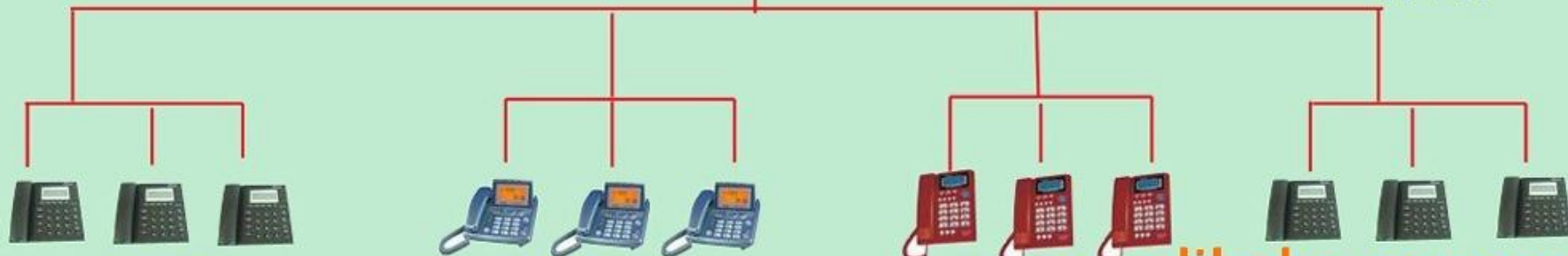


蓄电池



打印机

1-128用户



用户组1

用户组2

用户组3

用户组4

alibaba.com.cn



7.2.1 数字程控交换技术

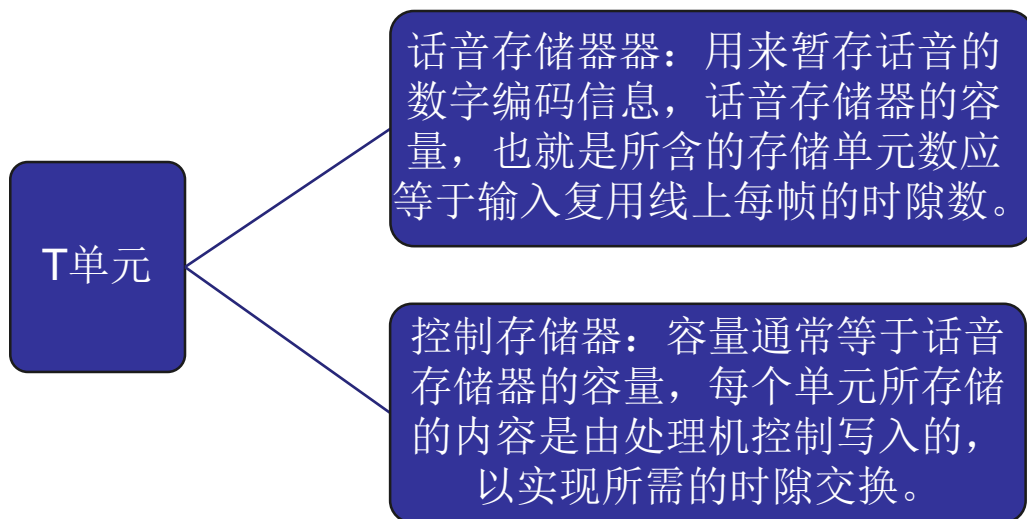
- 数字程控交换普遍采用7号共路信令方式，普遍采用多机分散控制方式。
- 优点：
 - （1）灵活性高，处理能力增强，系统扩充方便而经济。
 - （2）在软件方面，尤其在用户界面的软件设计，普遍采用高级语言。对软件的主要要求不再是节省空间开销，而是可靠性、可维护性、可移植性和可再用性。



7.2.2 程控交换技术的基本组成

1. 时间交换单元

时间交换单元也叫时间接线器，简称为T单元或T接线器，用来实现时隙交换功能。



控制存储器每个单元的比特数决定于话音存储器的单元数，也就是决定于复用线上的时隙数。

2. 空间交换单元

空间交换单元也叫空间接线器，简称为**S单元**或**S接线器**，用来实现多个**输入复用线**与多个**输出复用线**之间的**空间交换**，而不改变其时隙位置。空间交换单元即**S单元**是由交叉矩阵组成的。

如图所示：接续的过程是在矩阵交叉节点实现连接，从而完成空间交换。

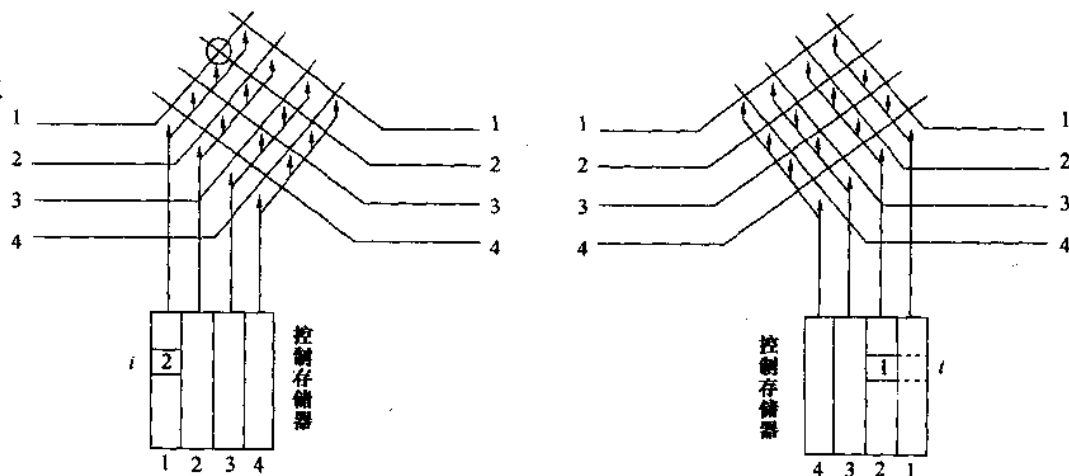


图7-3 空间交换原理

3. 时/空结合的交换单元

时/空结合的交换单元简称T/S单元。右图是T-S-T网络实现512个时隙交换的原理。其中的S单元是 24×6 和 6×24 的基本模块。

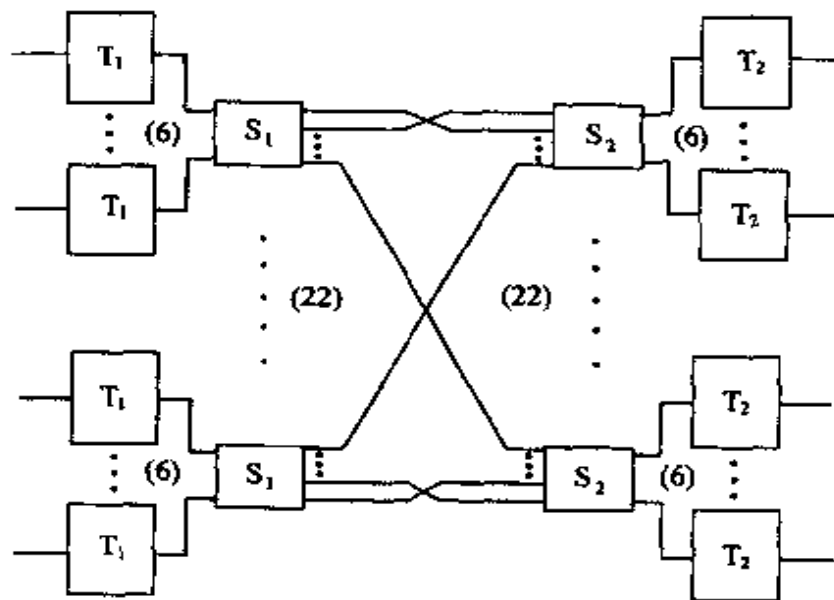
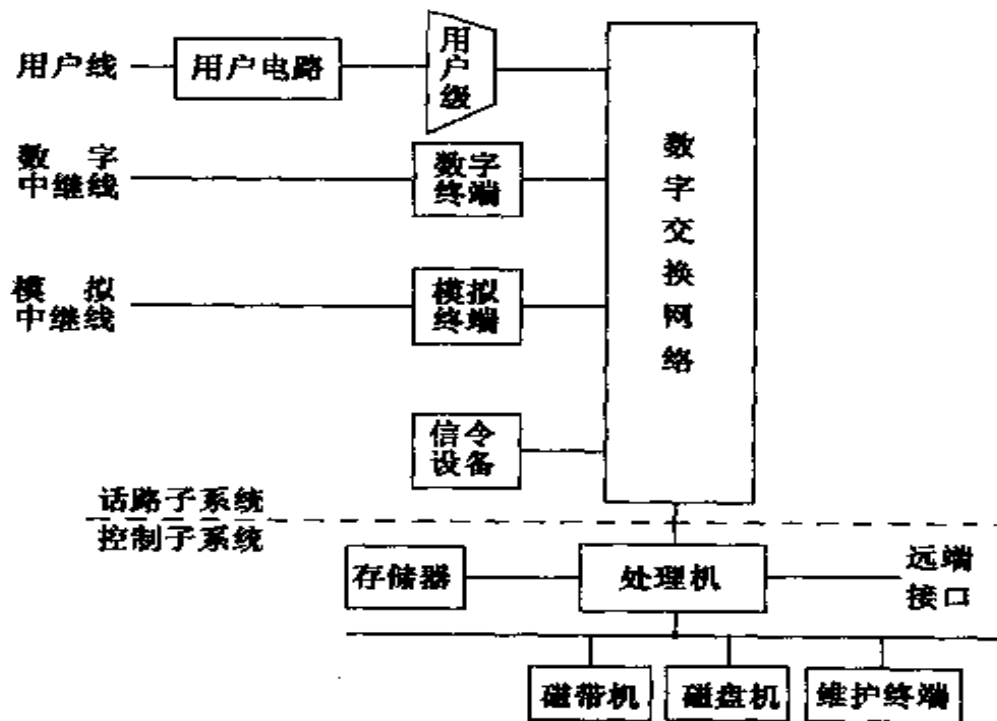


图7-4 T-S-T交换原理

7.2.3 程控交换机

- 数字程控电话交换系统的硬件功能结构可划分为话路子系统和控制子系统两部分，如图所示。





7.2.3 程控交换机

话路子系统

- 包括用户电路、用户集中级、数字终端、模拟终端、信令设备、交换网络等部件。

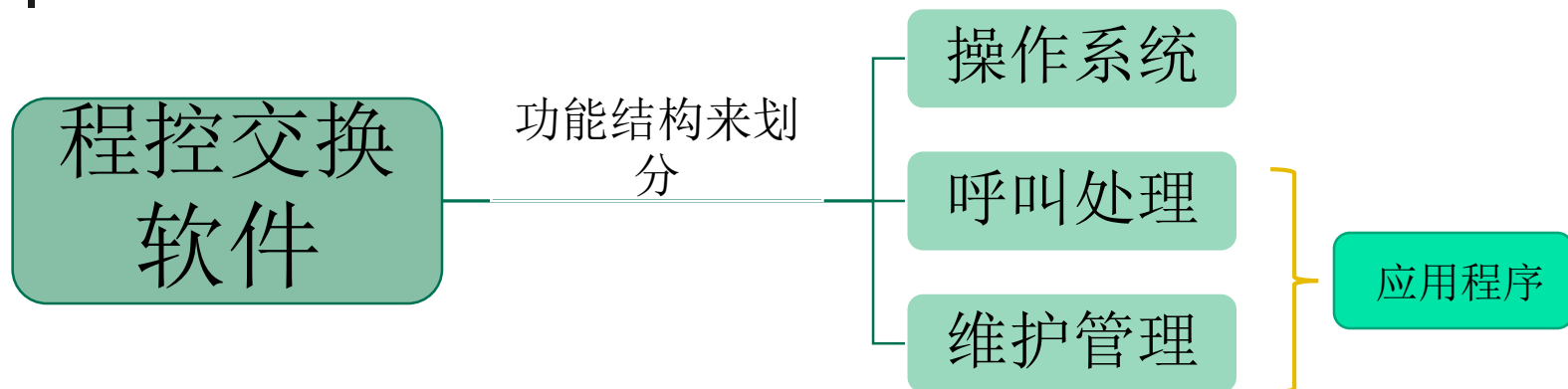
控制子系统

- 包括处理机和存储器、外部设备和远端接口等部件。

软件功能

- 软件的设计目标主要是可靠性、可维护性、可再用性和可移植性。

7.2.3 程控交换机



(1) 操作系统：程控交换是实时处理系统，以便有效地管理资源和支持应用程序的执行。

(2) 呼叫处理：呼叫处理程序用于控制呼叫的建立和释放。

(3) 维护管理：维护管理程序功能有用户和中继测试、交换网络测试、过负荷控制、用户数据和局数据管理等。



7.3 分组交换技术

- 用分组格式传输和交换数据，采用数据传送的规程是分组交换规程，一般采用**ITU—T**的**X.25**建议。
- 以分组格式传输和交换数据的协议是分组交换协议，可分为接口协议和网内协议两种。
 - 接口协议是指终端用户和网络之间的通信规程；
 - 网内协议是指通信网络内部(即包交换节点机)之间的通信规程。



7.3.5 路由选择

- 分组交换过程就是通过在节点处的路由选择来完成的。分组网中的路由选择是网络层协议的主要功能之一，它是由网络层的软件来完成的。
- 分组网可以采用两种方法实现路由选择；即数据报和虚电路。
 - 使用数据报方法时，对每一个到达的数据分组都要作一次路由选择；
 - 使用虚电路方法时，只有当虚电路建立时才进行一次路由选择，属于该虚电路的分组将沿着已确定的路由传送，直至该虚电路被拆除。



7.3.5 路由选择

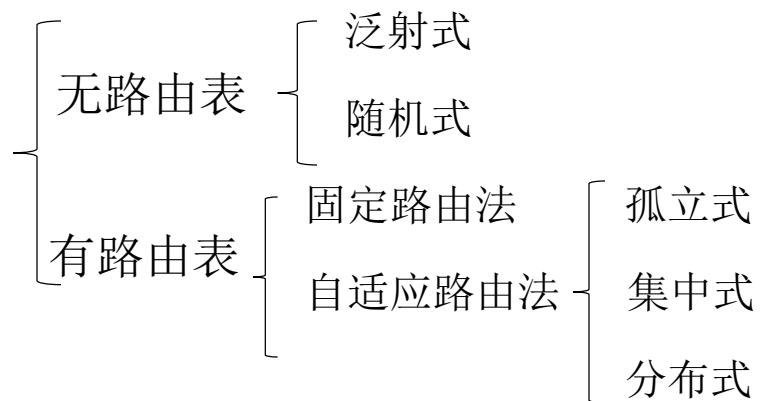
- 路由选择依据：

路由选择的依据经常是根据所选路由是否具有最小权值来进行判断的。

- 路由器选择分类
 - 静态——选择采用固定策略
 - 动态——选择采用自适应策略

动态策略比静态策略有更好的性能，但这是以增加网络软件的复杂性为代价的。

- 路由选择方法种类：



1. 泛射式路由选择

分组从源点沿着每一条输出的链路发送出去，到达中间节点时，再沿着每一条输出的链路发送出去(到达的链路除外)。每一个分组的头部都具有源和目的地的地址、虚电路号和序号。在到达目的地节点之后，所有重复的分组副本将被丢弃。

为了防止在网内的分组越来越多，可以采用在每一个分组的头部增加一个标识字段——中继段的数值，一开始把此字段置为一个固定位。当分组经过一个中继段时，该数值减去1，直至为0时该分组将不再重新发送。右图是数据分组逐级向下发送的过程说明，从节点1开始，直到终点节点6。

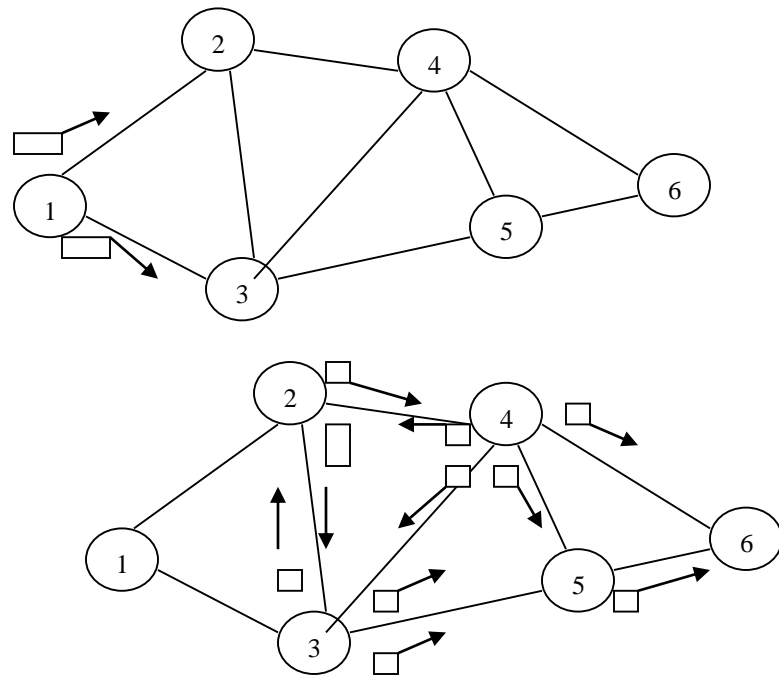
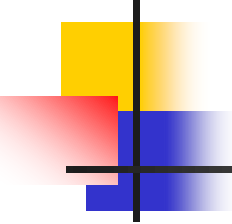


图7-9 泛射式路由选择



2. 随机式路由选择

该方法是分组从源节点和中间节点发送时以一定的概率选择某一链路。选择第 i 条链路的概率

$$P_i = \frac{C_i}{\sum_j C_j} \quad (7-1)$$

式中： C_i 是第 i 条链路的容量； $\sum_j C_j$ 是所有候选链路容量的总和。

随机式路由选择是根据链路的容量进行的，这有利于通信量的平衡，但所选的路由一般不具有最小权值。



3. 固定路由选择。

- 固定路由选择在每个节点设有一固定的路由表，分组由哪条链路送出，可以通过查阅路由表来决定。

4. 自适应路由选择。

- (1) 独立式：根据本节点的信息来控制路由选择。
- (2) 分布式：在这种方法中，节点的路由表根据相邻节点的信息每隔一定的时间更新一次。



7.3.6 分组交换网

- 分组交换数据网的硬件组成

(1) 包交换节点机(PSE): 完成分组交换网中的信息交换和通信处理的任务。(2) 分组装 / 拆设备(PAD): 可以使非分组终端(NPT)方便地入网, 因而扩大了分组数据网的应用范围。

(3) 复用器(MUX): 将若干远程终端的低速数据流复用到与主机相连的一条高速线路的作用, 提高线路利用率, 降低成本。

(4) 集中器: 共享线路和提高线路利用率的一种有效设备。

(5) 主机

(6) 调制解调器: 信号变换设备, 完成信号的调制和解调功能。

(7) 通信卡(LCU): 完成并/串转换, 控制串行通信和完成机内与线路上的电平匹配。

(8) 终端



7.4 帧中继技术

7.4.1 概述

帧中继(Frame Relay, FR)技术是在OSI第二层上用简化的方法传送和交换数据单元的一种技术，归纳为以下几点：

- （1）帧中继技术主要用于传递数据业务，它使用一组规程将数据信息以帧的形式简称帧中继协议有效地进行传送。
- （2）帧中继传送数据信息所使用的传输链路是逻辑连接。
- （3）帧中继协议简化了X.25的第三层功能，提高了网络对信息处理的效率。
- （4）在链路层完成统计复用、帧透明传输和错误检测，但不提供发现错误后的重传操作。
- （5）FR采用面向连接的交换技术。可以提供交换虚电路业务和永久虚电路业务。

7.4.2 帧中继业务

帧中继业务是在用户—网络接口(UNI)之间提供用户信息流的双向传送,并保持原顺序不变的一种承载业务。用户信息流**以帧为单位**在网络内传送,用户—网络接口之间以**虚电路**进行连接,对用户信息流进行统计复用。帧中继业务应用如图7.10所示。

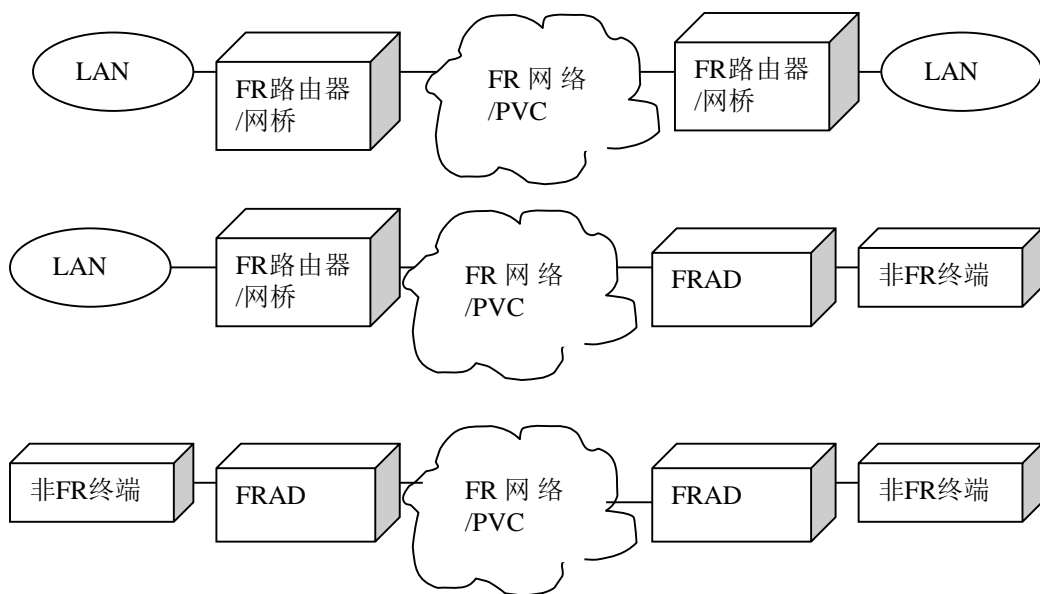


图7-10 帧中继业务应用



7.4.3 帧交换业务

- 帧交换承载业务的基本特征与帧中继业务相同，其全部控制平面的程序在逻辑上是与用户面相分离的，而且物理层用户面程序使用**I.430 / I.431**建议，链路层用户平面程序使用**I.441**建议的核心功能，能够对用户信息流量进行统计复用。
- 帧中继网由用户终端、接入设备、交换机和数据链路组成，如图7-11所示。帧中继是一种**面向连接**的通信方式，经过呼叫建立虚连接，虚连接由**DLCI**来进行识别，多条虚连接复用在同一物理错路上。两个终端之间的虚连接分成为若干段，每个段有相应的**DLCI**，图中有两条虚连接。

7.4.4 帧中继协议参考模型

如图7-12是开放式系统互连(OSI)、电路方式(TDM)、X.25和帧中继协议参考模型的示意图。

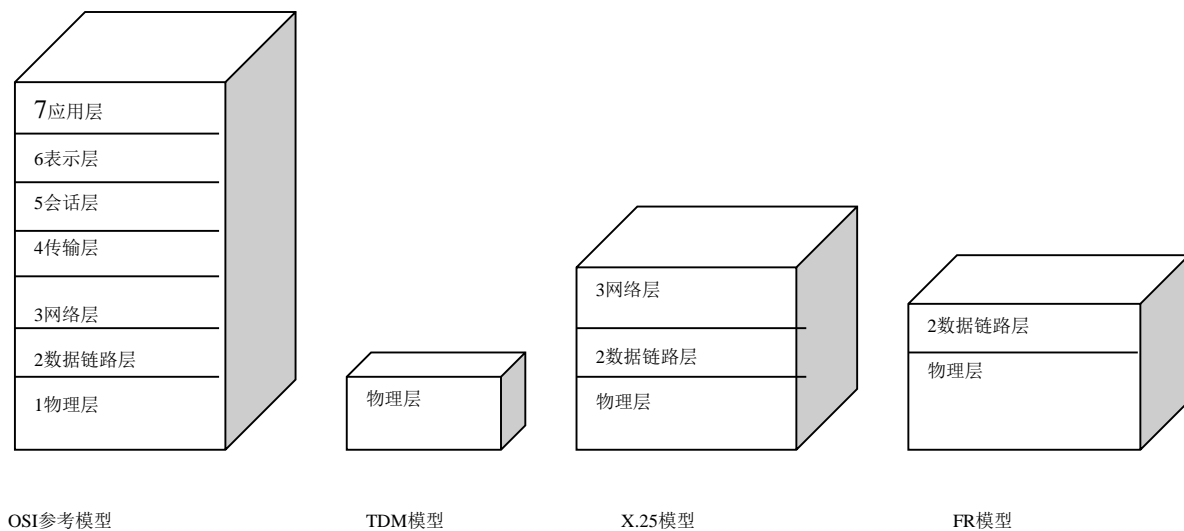


图7-12 帧中继与其它参考模型对比



7.5 ATM技术

7.5.1 ATM的基本概念

- ATM（Asynchronous Transfer Mode）即异步转移模式，是为解决远程通信时兼容电路交换和分组交换而设计的技术体系。
- ATM将用户的业务流拆分或组装成固定大小的信元，并以此为基础进行复用和交换等处理。
- ATM信元长度为53个字节，其中5个为信元头，48个为用户净荷。ATM网络通过信元头内的虚电路标示符来识别一个信元的相关属性。
- ATM信元在分组交换方式中，采用固定长度的分组。
- 在使用ATM技术的通信网(简称ATM网)上，用户线路接口称作用户-网络接口，简称UNI，中继线路接口称作网络-节点接口，简称NNI。
- ATM信元在线路上的发送顺序是从左到右，从上到下。

7.5.1 ATM的基本概念

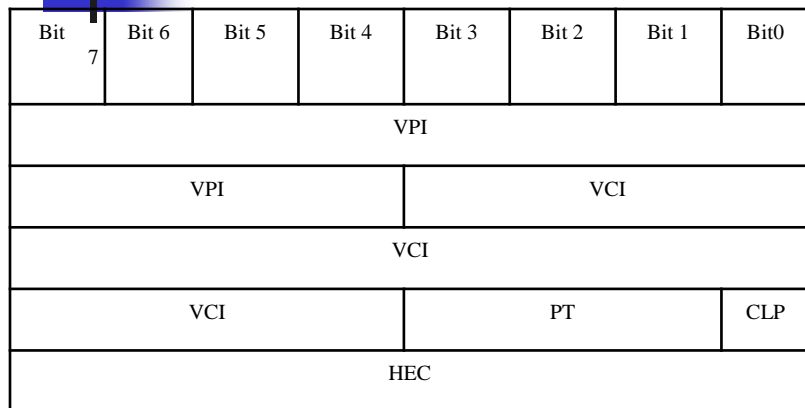


图7-13 (a) NNI信头格式

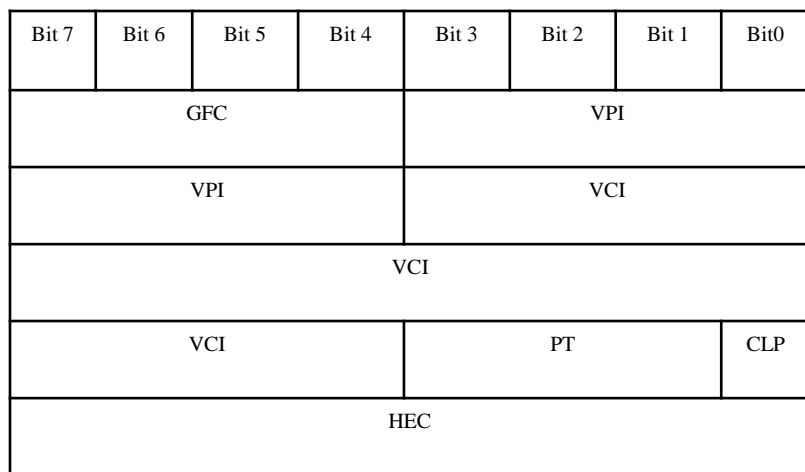


图7-13 (b) UNI信头格式

- 两种接口上ATM信头的不同之处，在于NNI接口上没有定义GFC域，VPI占用了12个比特。
- 图中的各符号意义如下：

GFC: 一般流量控制字段。

VPI: 虚路径标识符。

VCI: 虚通道标识符。

CLP: 信元丢弃优先级。

HEC: 信头校验码。

校验多项式为 $x^8 + x^2 + x + 1$ 。



7.5.6 ATM交换

- 从交换技术出发，ATM信元的交换与数据分组交换具有相似性，但前者是为了满足实时性业务的要求。ATM交换是电路交换和分组交换的一种结合。
- 在ATM交换机上连接到用户线和中继线，所传送的数据单元都是ATM信元。因此对ATM交换机而言，在很多情况下不必区分用户线和中继线，而称向交换机送入ATM信元的线路为入线，接受交换机送出ATM信元的线路为出线。

7.5.6 ATM交换

- 1.交换机
- ATM交换机的任务就是根据输入的ATM信元(的VPI和VCI)，把该信元送到相应的出线。ATM交换机一般由三个部分构成

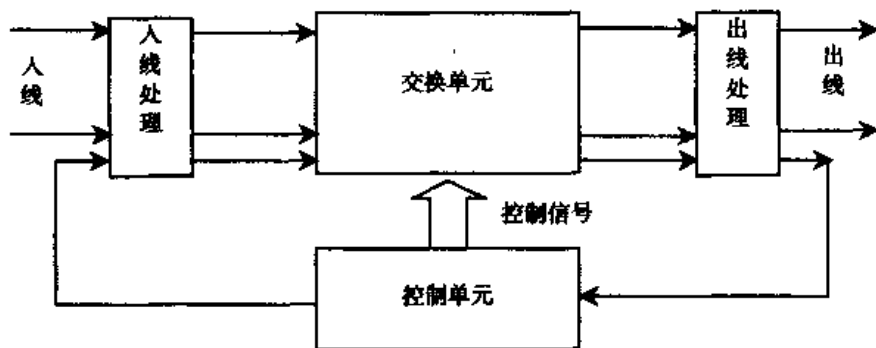


图7-19 ATM交换机的基本构成

ATM交换机一般由三个部分构成

- (1) 入线处理和出线处理
- (2) 交换单元
- (3) 控制单元