

第5章 广域网技术

本章学习目标

- 了解广域网的概念。
- 了解广域网相关接入技术。
- 掌握 VPN 的配置方法。

本章先介绍广域网的概念以及相关接入技术,然后介绍 VPN 的概念以及基本工作原理。

5.1 广域网概述

5.1.1 广域网的概念

广域网(Wide Area Network, WAN)是连接不同地区的局域网或城域网构成的远程网。通常,广域网的覆盖范围从几十千米到几千千米,它能连接多个地区、城市、国家,或横跨几个洲,并能提供远距离通信,形成国际性的远程网络。

随着政府机构、大型企事业单位日益网络化,局域网互联已经成为必不可少的技术。多个局域网跨地区、跨城市,甚至跨国互联在一起,就组成了一个覆盖很大区域的广域网。广域网是由多个局域网远距离连接在一起构成的大型网络。图 5-1 显示了广域网的结构。

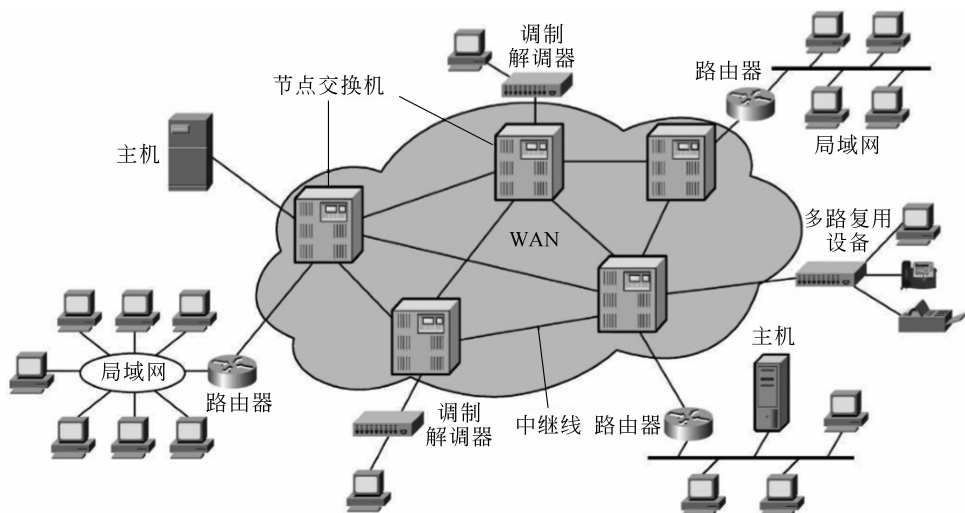


图 5-1 广域网的结构

广域网并不等同于互联网。例如,现在很多学校拥有多个校区,这些校区连接在一起就是一个广域网;又如,一些公司在多个城市设有分公司,甚至设有海外分公司,把这些分公司

以专线方式连接起来,即成为广域网。

值得注意的是,一般也可以把互联网看作一种公共的广域网。

5.1.2 广域网的特点与服务

1. 广域网的特点

由于广域网的传输距离较远,因此广域网的传输介质主要是电话线或光纤,由互联网服务提供商(ISP)将企业互相连接,这些线是互联网服务提供商预埋的。因为广域网工程浩大,维修不易,而且必须保证带宽,所以成本很高。

目前一般认为广域网具有以下特点:

(1) 数据传输速率比局域网低,误码率较高,信号的传播延迟也比局域网要大得多。广域网的典型速率是 56kb/s~155Mb/s,目前已有 622Mb/s、2.4Gb/s 甚至更高速率的广域网,传播延迟从几毫秒到几百毫秒(使用卫星信道时)。

(2) 覆盖范围广,通信距离远。广域网的连接能够跨越多个城市或者国家。广域网提供面向通信的服务,支持用户使用计算机进行远距离的信息交换。通过广域网可实现全球网络互联,进而实现全球范围的资源共享。

(3) 广域网建立在电信网络的基础上。由于广域网的成本较高,通常由政府或者大型企业投资,由电信部门或公司负责组建、管理和维护,属于公用网络。

(4) 广域网的应用情况复杂。广域网中链路的跨度大,需要考虑的因素很多,传输介质类型多(双绞线、同轴电缆、光纤、微波和卫星等),主干网的数据传输速率高,而用户接入速率较低,且接入方式多样,涉及技术较多,因此建网的成本高,技术难度大。

2. 广域网的组成

广域网连接相隔较远的设备,通常这些设备包括以下几类:

- 路由器:提供诸如局域网互联、广域网接口等多种服务。
- 交换机:连接到广域网上,进行语音、数据及视频通信。
- 调制解调器:提供语音级服务的接口。信道服务单元是 T1/E2 服务的接口,终端适配器是综合业务数字网的接口。
- 通信服务器:汇集用户拨入和拨出的连接。

广域网一般最多只包含 OSI 参考模型的低 3 层(物理层、数据链路层和网络层),而且大部分广域网都采用存储转发方式进行数据交换,也就是说,广域网是基于报文交换或分组交换技术的(传统的公用电话交换网除外)。广域网中的交换机先将发送给它的数据包完整接收下来,然后经过路径选择找出一条输出线路,最后将接收到的数据包发送到该线路上。交换机不断重复这一过程,直到将数据包发送到目的节点。

3. 广域网的服务模式

广域网可以提供面向连接的服务和无连接的服务。对应于这两种服务模式,广域网有两种组网方式:虚电路(virtual circuit)和数据报(data gram)。

1) 虚电路

虚电路是由分组交换通信所提供的面向连接的通信服务。在两个节点或应用进程之间建立一个逻辑上的连接或虚电路后,就可以在两个节点之间依次发送每一个分组,接收端收到分组的顺序必然与发送端的发送顺序一致,因此接收端无须负责在接收分组后重新进行

排序。虚电路协议向高层协议隐藏了将数据分隔成段、包或帧的过程。

虚电路方式的主要特点如下：

(1) 每次分组传输前,都需要在源节点和目的节点之间建立一条逻辑连接。由于连接源节点与目的节点的物理链路已经存在,因此不需要真正建立一条物理链路。

(2) 一次通信的所有分组都通过虚电路依序传送,因此分组不必自带目的地址、源地址等信息。分组到达目的节点时不会出现丢失、重复与乱序的现象。

(3) 分组通过虚电路的每个节点时,节点只需要进行差错检测,而不需要进行路由选择。

(4) 提供较为可靠、有服务质量(QoS)保证的服务,可以用于文件传送等场合。

(5) 通信子网中每个节点可以与任何节点建立多条虚电路连接。

2) 数据报

数据报是报文分组存储转发的一种形式。其原理是：分组传输前不需要预先在源主机与目的主机之间建立线路连接。源主机发送的每个分组都可以独立选择一条传输路径,每个分组在通信子网中可能通过不同的传输路径到达目的主机。即,交换机不必登记每条打开的虚电路,只需要用一张表来指明到达所有可能的目的端交换机的输出线路。由于数据报方式中每个报文都要单独寻址,因此要求每个数据报包含完整的目的地址。

数据报方式的主要特点如下：

(1) 同一报文的分组可以经过不同的传输路径通过通信子网。

(2) 同一报文的分组到达目的节点时可能出现乱序、重复与丢失现象。

(3) 每个分组在传输过程中都必须带有目的地址与源地址。

(4) 数据报方式的传输过程延迟大,适用于突发性通信,不适用于长报文、会话式通信。

虚电路方式与数据报方式之间最大的差别在于：虚电路方式为每一对节点之间的通信预先建立一条虚电路,后续的数据通信沿着建立好的虚电路进行,交换机不必为每个报文进行路由选择;而在数据报方式中,每台交换机为每一个进入的报文进行一次路由选择,也就是说,每个报文的路由选择都独立于其他报文,而且数据报方式不能保证分组报文的丢失、发送报文分组的顺序性和对时间的限制。

4. 广域网和局域网的区别

广域网不同于局域网,前者的范围更广,超越一个城市、一个国家甚至可以是全球互联,因此具有与局域网不同的特点：

- 广域网覆盖范围广,可达数千千米甚至全球。
- 广域网没有固定的拓扑结构。
- 广域网通常使用高速光纤作为传输介质。
- 局域网可以作为广域网的终端用户与广域网连接。
- 广域网主干带宽大,但提供给单个终端用户的带宽小。
- 数据传输距离远,往往要经过多个广域网设备转发,延时较长。
- 广域网管理、维护困难。

5.1.3 广域网的组成与连接方式

1. 广域网的组成

从资源组成角度来说,广域网一般由资源子网和通信子网组成。资源子网由主机组成,

其中主机也称为端系统(end system),主要负责处理数据,面向网络应用,是网络资源的拥有者;通信子网的作用是在主机之间传送信息。

从通信子网组成原理上看,交换机是小型的计算机,有存储器和处理器,同时提供分组收发的输入输出端口。分组交换机的作用如图 5-2 所示。早期广域网中的交换机采用普通计算机,而现在的高速广域网中的交换机则采用专门的硬件。将一组交换机互联后就形成了广域网的通信子网,和主机一起形成广域网,如图 5-3 所示。在广域网中,一台交换机通常有多个端口(输入输出端口),以便形成不同的网络拓扑类型,连接更多的计算机。由此可见,交换机是通信子网的组成单元,通信子网由多个互联的交换机组成,并通过交换机来连接计算机。当需要对网络进行扩展时,可以通过连接更多的交换机来完成。同时,交换机之间的连接速率通常要比交换机与计算机之间的连接速率高。

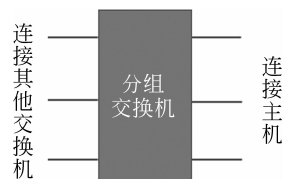


图 5-2 分组交换机的作用

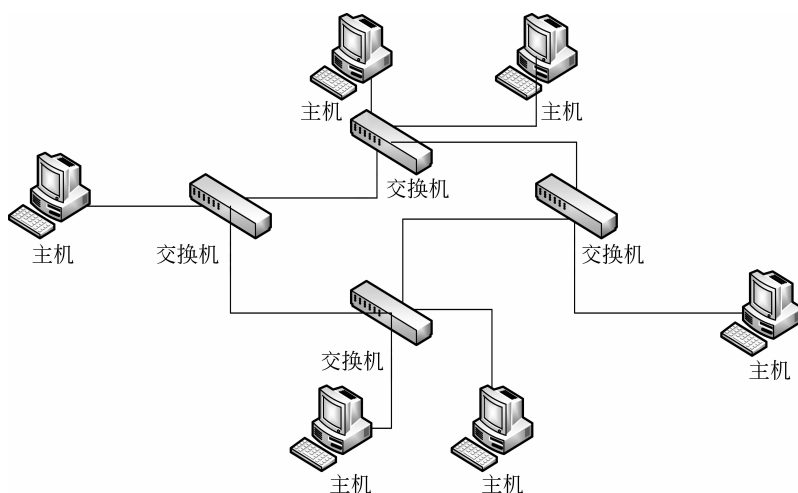


图 5-3 多个交换机互连形成一个广域网

2. 广域网的连接方式

广域网的连接方式有 3 种,即专线方式、电路交换方式和分组交换方式。

1) 专线方式

用户租用电信部门的专线来组建自己的网络系统。在线路两端,用户以点对点的方式自由连接,并可将线路任意组合以传输语音、数据、传真信息。专线方式是将两端的用户点对点连接起来,独占线路,因此传输费用高。

2) 电路交换方式

电路交换是在通话或数据传输前,在两个端点之间建立一条临时的专用线路,用户通话或传输时独占该线路,直到通话或传输结束再释放该线路。最普通的例子是电话系统。电路交换是根据交换机结构原理实现数据交换的,其主要任务是把要求通信的输入端与被呼叫的输出端接通,即由交换机负责在两者之间建立一条物理链路。在完成接续任务后,双方通信的内容和格式等均不受交换机的制约。电路交换方式的主要特点是要求在通信的双方之间建立一条实际的物理通道,在整个通信过程中,这条通道被独占。

电路交换分为时分交换(Time Division Switching, TDS)和空分交换(Space Division Switching, SDS)两种方式。

(1) 时分交换。将通信的时间划分为许多独立的时隙,每个时隙都对应一个子信道,通过时隙的交换实现时隙所承载的数据的传输。时分交换的关键在于时隙的交换,是由主叫拨号控制的。为了实现时隙交换,必须设置话音存储器。在抽样周期内有 n 个时隙分别存入 n 个存储器单元中,输入端按顺序存入时隙。若输出端是按特定的次序读出的,就可以改变时隙的次序,实现时隙交换。

(2) 空分交换。在交换过程中,入线通过空间位置选择出线,建立连接并完成通信;通信结束后,随即拆除线路。例如,在早期的语音通话中,中间的线路连接是由接线员完成的,接线员将主叫的线路另一端按呼叫要求插入被叫的呼出线路上,而这些操作直到程控交换机出现后才被自动的机械动作所取代。

图 5-4 显示了电路交换原理。

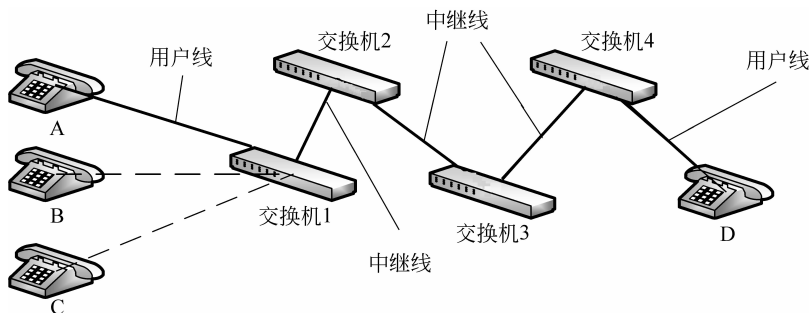


图 5-4 电路交换原理

如图 5-4 所示,整个电路交换的过程包括建立电路、占用线路并进行数据传输以及释放电路 3 个阶段。下面分别予以介绍。

(1) 建立电路。

如同打电话先要通过拨号在通话双方间建立一条通路一样,数据通信的电路交换方式在传输数据之前也要先经过呼叫过程建立一条端到端的电路。它的具体过程如下:

① 发起方向某个终端站点(响应方站点)发送一个请求,该请求通过中间节点传输至终点。

② 中间节点如果有空闲的物理线路可以使用,则接收请求,分配电路,并将请求传输给下一中间节点;整个过程持续进行,直至终点。如果中间节点没有空闲的物理电路可以使用,整个电路的连接将无法实现。仅当通信的两个站点之间建立了物理电路之后,才允许进入数据传输阶段。

③ 电路一旦被分配,在未释放之前,其他站点将无法使用,即使某一时刻电路上并没有数据传输。

(2) 数据传输。

电路交换连接建立以后,数据就可以从源节点发送到中间节点,再由中间节点交换到终端节点。当然终端节点也可以经中间节点向源节点发送数据。这种数据传输有最短的传播延迟,并且没有阻塞的问题,除非有意外的电路或节点故障而使电路中断。要求在整个数据

传输过程中,建立的电路必须始终保持连接状态,通信双方的信息传输延迟仅取决于电磁信号沿介质传输的延迟。

(3) 释放电路。

当站点之间的数据传输完毕后,执行释放电路的动作。该动作可以由任一站点发起,释放电路请求通过途经的中间节点送往对方,释放电路资源。被拆除的电路空闲后,就可被其他通信使用。

电路交换的特点如下:

(1) 独占性。在建立电路之后、释放线路之前,即使站点之间无任何数据可以传输,整个电路仍不允许其他站点共享。这就和打电话一样,通话之前总要拨号建立连接,不管用户讲不讲话,只要不挂机,这个连接是专为用户所用的;如果没有可用的连接,用户将听到忙音。因此,这种方式电路的利用率较低,并且容易引起接续时的拥塞。

(2) 实时性好。一旦电路建立,通信双方的所有资源(包括电路资源)均用于本次通信,除了少量的传输延迟之外,不再有其他延迟,具有较好的实时性。

(3) 电路交换设备简单,无须提供任何缓存装置。

(4) 用户数据透明传输,要求收发双方自动进行速率匹配。

3) 分组交换方式

分组交换的实质就是将要传输的数据按一定长度分成很多组,为了准确地传送给对方,每个组都加上标识。许多不同的数据分组在物理线路上以动态共享和复用方式进行传输,为了能够充分利用资源,当数据分组传送到交换机时,会暂存在交换机的存储器中。交换机会根据当前线路的忙闲程度动态分配合适的物理线路,继续数据分组的传输,直到传送到目的地。到达目的地之后的数据分组再重新组合起来,形成完整的数据。

分组交换技术是在传输线路质量不高、网络技术手段比较单一的情况下产生的一种交换技术。

分组交换也称包交换,它是将用户传送的数据划分成多个更小的等长部分,每个部分叫作一个数据段。在每个数据段的前面加上一些由必要的控制信息组成的首部,就构成了一个分组。首部用以指明该分组发往何地址。交换机根据每个分组的地址标志,将它们转发至目的地,这一过程称为分组交换。进行分组交换的通信网称为分组交换网。分组交换实质上是在存储转发基础上发展起来的,它兼有电路交换和报文交换的优点。

在分组交换方式中,由于能够以分组方式进行数据的暂存和交换,经交换机处理后,很容易实现不同速率、不同规程的终端间通信。

按照实现方式,分组交换可以分为数据报分组交换和虚电路分组交换。

(1) 数据报分组交换。数据报分组交换要求通信双方之间至少存在一条数据传输通路。发送者需要在通信之前将要传输的数据报准备好,数据报都包含发送者和接收者的地址信息。各数据报的传输彼此独立,互不影响,可以按照不同的路由到达目的地,并重新组合。

在数据报分组交换方式中,每个分组按一定格式附加源与目的地址、分组编号、分组起始/结束标志、差错校验等信息,以分组形式在网络中传输。网络只是尽力地将分组交付给目的主机,但不保证所传送的分组不丢失,也不保证分组能够按发送的顺序到达接收端。所以这种方式提供的服务是不可靠的,也不保证服务质量。如图 5-5 所示,主机 H1 向 H4 发送了 4 个分组,有的经过路径 A-B-D,有的经过 A-F-D 或 A-D。数据报分组交换方式一般

适用于较短的单个分组的报文。其优点是传输延时小,当某节点发生故障时不会影响后续分组的传输。其缺点是每个分组附加的控制信息多,增加了传输信息的长度和处理时间,增大了额外开销。

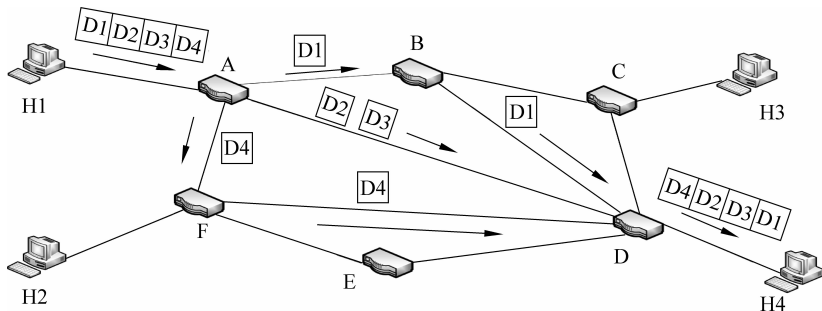


图 5-5 数据报分组交换

(2) 虚电路分组交换。虚电路分组交换与数据报分组交换方式的区别主要是前者在信息交换之前需要在发送端和接收端之间先建立一个逻辑连接,然后才开始传送分组,所有分组沿相同的路径进行交换转发,通信结束后再拆除该逻辑连接。这种方式能保证所传送的分组按发送的顺序到达接收端,所以它提供的服务是可靠的,也能保证服务质量。

图 5-6 所示,主机 H2 向 H3 发送的所有分组都经过相同的路径 F-C。

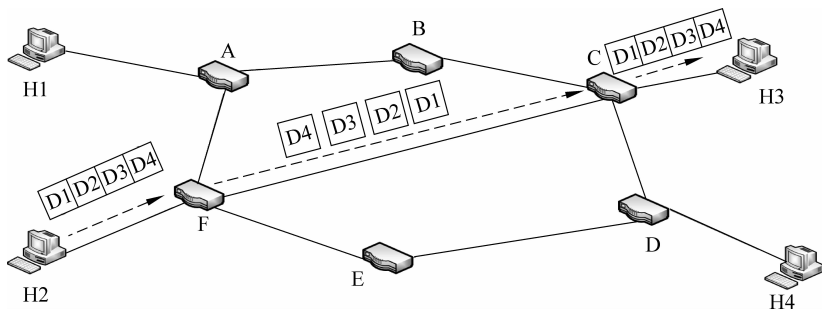


图 5-6 虚电路分组交换

这种方式对信息传输频率高、每次传输量小的用户不太适用。但由于每个分组头只需标出虚电路标识符和序号,所以分组头开销小,适用于长报文传送。

虚电路分组交换像电路交换一样,通信双方需要建立连接。与电路交换不同的是,分组交换的连接是虚拟连接(又称为虚电路),连接中不存在一个独占的物理线路。

分组交换的特点如下。

(1) 信息传送的最小单位是分组。分组由分组头和用户信息组成,分组头含有选路和控制信息。

(2) 面向连接(逻辑连接)和无连接两种工作方式。虚电路分组交换采用面向连接的工作方式,数据报分组交换采用无连接工作方式。

(3) 统计时分复用。其基本原理是把时间划分为不等长的时间片,长短不同的时间片就是传送不同长度的分组所需的时间,对每路通信没有固定分配时间片,而是按需使用。这就意味着使用这条复用线传送分组时间的长短不固定,由此可见,统计时分复用是动态分配

带宽的。

(4) 信息传送为有差错控制。分组交换是专门为数据通信网设计的交换方式,数据业务的特点是可靠性要求高,对实时性要求没有电话通信高,因而在分组交换中,为保证数据信息的可靠性,设有 CRC 校验、重发等差错控制机制,以满足数据业务的需求。

(5) 信息传送不具有透明性。分组交换对所传送的数据信息要进行处理,如拆分、重组等。

(6) 基于呼叫延迟制的流量控制。在分组交换中,当数据流量较大时,分组排队等待处理,而不像电路交换那样立即丢弃,因此其流量控制是基于呼叫延迟的。

5.2 广域网接入技术

5.2.1 ISDN 接入

1. ISDN 简介

综合业务数字网(Integrated Services Digital Network, ISDN)是一个数字电话网络国际标准,是一种典型的电路交换网络系统。它通过普通的铜缆以更高的速率和质量传输语音和数据。ISDN 是欧洲普及的电话网络形式。GSM 移动电话标准也可以基于 ISDN 传输数据。

20 世纪 70 年代初期,ITU-T 提出建立综合业务数字网的设想,将语音、数据、图像等信息综合在一个通信网中。引入 ISDN 后,用户只需要提出一次申请,仅用一条用户线和一个号码就可以将不同业务类型的终端接入网内,并按统一的规范进行通信。自 1984 年起,美国、日本、英国、法国、德国等先后建立了 ISDN 试验网,并逐渐推广。目前 ISDN 在欧洲还有不少用户,在其他地方已经逐渐被 DSL 技术取代。

我国电信产业发展速度很快,但是在 ISDN 大面积部署的时候,中国还没有引入此项技术。因此,当在欧美国家 ISDN 很普遍的时候,中国才开始安装局端设备。而此时,ADSL 技术已经成熟而且向市场推广了。因此 20 世纪 90 年代中期只有北京、上海、广州等少数几个试点城市 ISDN 安装得比较多,其他城市只是小范围使用。其根本原因在于运营商需要投入巨额资金用于设备改造。当时中国电信提供的 2B+D 方案是窄带 ISDN 标准,只能提供 128kb/s 的速率。用户需要支付接近 1.5 倍普通电话的费用;同时,其网上业务没有真正展开,用户需要的服务和内容都得不到支持。

ISDN 不像 ADSL 那样语音与数据容易分离,因此用户必须使用全部数字化的设备,这就造成运营商和用户都要投资的状况。运营商一方面要不断满足飞速增长的网络连接需求,另一方面还要发展固定电话业务。ISDN 不能灵活地适应中国需求多样化的市场,只能淡出市场角逐。而 DSL 高带宽、大容量和低廉的改造费用让运营商很快投入 DSL 网络建设。

ISDN 中的“综合”指的是在同一数据传输链路上通过同一数字交换机同时传送数字化的语音信号和各种数据业务。ISDN 的关键在于数字电话网,用户只要支付很少的费用就可以获得数据业务服务,ISDN 几乎是对电话系统的再设计。

2. ISDN 的特点

ISDN 有两种信道:

- (1) B 信道用于数据和语音信息。
- (2) D 信道用于信号和控制(也能用于数据)。

ISDN 有两种访问方式:

(1) 基本速率接口(BRI)。由每个带宽为 64kb/s 的两个 B 信道和一个带宽为 16kb/s 的 D 信道组成。3 个信道设计成 2B+D。

(2) 主速率接口(PRI)。由很多 B 信道和一个带宽为 64kb/s 的 D 信道组成。北美、中国香港和日本采用 23B+1D 方案,总位速率为 1.544Mb/s;欧洲、澳大利亚和中国内地采用 30B+D 方案,总位速率为 2.048Mb/s。

语音通过数据信道(B)传送,控制信号信道(D)用来设置和管理连接。传送语音的时候,一个 64kb/s 的同步信道被创建和占用,直到传送结束。每个 B 信道都可以创建一个独立的语音连接。多个 B 信道可以通过复用合并成一个高带宽的单一数据信道。

用户-网络接口是 ISDN 的用户访问 ISDN 的入口,是指电信公司的设备和用户设备之间的接口。这个接口必须满足业务综合化的要求,即要求接口具有通用性,能够接纳不同速率的电路交换业务和分组业务。一个 ISDN 用户-网络接口可以支持多个终端。ISDN 用户-网络接口上包括以下几个功能群:

(1) 终端设备(TE)。分为两类:符合 ISDN 用户-网络接口标准要求的数字终端为 TE1;不符合用户-网络接口要求的终端为 TE2,如模拟电话机、X.25 终端等。

(2) 终端适配器(TA)。其功能是把非 ISDN 的终端(TE2)接入 ISDN。TA 的功能包括速率适配和协议转换等。

(3) 网络终端设备(NT)。也分为两类:NT1 和 NT2。NT1 为用户线传输服务,功能包括线路维护、监控、定时、馈电和复用等;NT2 执行用户交换机(PBX)、局域网和中段控制设备的功能。

(4) 线路终端设备(LT)。是用户环线与交换局端连接的接口设备,实现交换设备与线路传输端之间的接口功能。

不同功能群之间的连接点称为接入参考点。ISDN 用户-网络接口中定义的参考点有以下 4 个:

- (1) R 接口。定义非 ISDN 设备和 TA 之间的传输转换。
- (2) S 接口。定义 ISDN 设备和 NT 2 之间的接口。
- (3) T 接口。定义 NT2 和 NT1 设备。
- (4) U 接口。定义 NT1 和电话交换机之间的节点。

通常,在不使用 PBX 时,S 和 T 参考点可以合并,称为 S/T 参考点。

利用 ISDN 接入因特网也有一个拨号的过程,用 ISDN 适配器来拨号。ISDN 采用纯数字传输,通信质量比较高,数据传输误码率是传统电话线路的 1/10 以下。其连接速度也比较快,一般只要几秒。使用 ISDN 的最高数据传输速率可达 128kb/s。

3. ISDN 接入因特网的方式

用户通过 ISDN 接入因特网有如下 3 种方式。

1) 单用户 ISDN 适配器接入

这是最简单的一种 ISDN 连接方式。将 ISDN 适配器(内置适配卡或者外置的 TA 设备)安装到计算机(以及其他非 ISDN 终端)上,创建和配置拨号连接,通过 ISDN 适配器拨

号接入因特网,如图 5-7 所示。

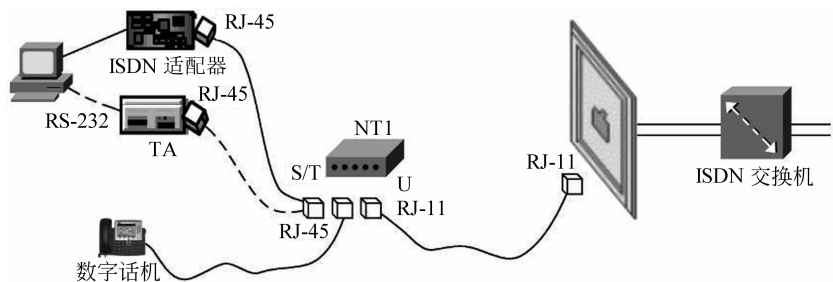


图 5-7 单用户 ISDN 适配器接入

2) 小型局域网通过 ISDN 适配器接入

对于小型局域网,如家庭内的几台计算机组成的网络,可以通过一个 ISDN 出口实现共享上网。通过这种方式接入因特网,需要设置一个网关服务器,其上安装两块网卡。将 ISDN 适配器连接到这台服务器上,由它拨号接入因特网,连接方式和单用户相同。网关服务器的另一个网卡连接内部局域网集线器,其他计算机作为客户端,实现整个局域网接入因特网,如图 5-8 所示。

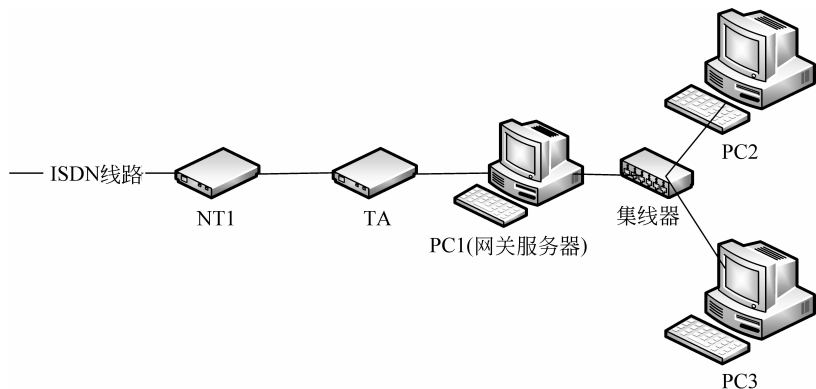


图 5-8 小型局域网通过 ISDN 适配器接入

3) 通过 ISDN 专用交换机接入

这种方式适用于局域网中用户较多(如企事业单位)的情况,如图 5-9 所示。这种方式比租用线路灵活和经济。在这方式中用 NT1 设备已经不能满足需要,必须增加一个设备——ISDN 专用交换机 NT2。NT2 的一端和 NT1 连接,另一端和电话、传真机、计算机、集线器等各种用户设备相连,为它们提供接口。

5.2.2 DDN 接入

1. DDN 简介

数字数据网(Digital Data Network,DDN)是一种利用数字信道(光纤、数字微波、卫星)和数字交叉复用技术组成的,以传输数字信号为主的数字数据传输网络,如图 5-10 所示。DDN 实际上是人们常说的数据租用专线,有时简称专线。