

模块 1

认识计算机网络

知识目标

- ▶ 了解计算机网络的定义与组成。
- ▶ 了解计算机网络的功能和应用。
- ▶ 了解计算机网络的分类。
- ▶ 了解常见的网络设备。

技能目标

- ▶ 认识身边的常用计算机网络。
- ▶ 了解 Visio 软件的基本操作知识,掌握利用 Visio 软件绘制不同的网络拓扑图。

计算机网络技术是由计算机技术与通信技术相互结合而形成的,它的发展适应了社会对资源共享和信息传输日益增长的要求,对人类社会的进步做出了巨大贡献。



1.1 / 了解计算机网络

计算机技术和通信技术的发展及相互渗透,促进了计算机网络的诞生和发展。通信领域利用计算机技术,可以提高通信系统的性能,通信技术的发展又为计算机之间快速传输信息提供了必要的通信手段。

1.1.1 计算机网络的定义

关于计算机网络,从不同的角度出发,可以给出不同的定义。简单地说,计算机网络就是由通信线路互相连接的许多独立工作的计算机所构成的集合体。这里强调构成网络的计算机是独立工作的,是为了和多终端分时系统相区别。

(1)从应用的角度来说,只要将具有独立功能的多台计算机连接起来,能够实现各计算机之间的信息交流,并可以共享计算机资源的系统就是计算机网络。

(2)从资源共享的角度来说,计算机网络就是一组具有独立功能的计算机及其外部设备,以用户相互通信和共享资源为目的而连接在一起的系统。

(3)从技术角度来说,计算机网络就是通过特定类型的传输介质(如双绞线、同轴电缆和光纤等)和网络通信设备互连在一起的计算机,并由网络操作系统管理的系统。

综上所述,可以将计算机网络系统定义为将分布在不同地理位置上的具有独立工作能力多台计算机、终端及其附属设备用通信设备和通信线路连接起来,由网络操作系统管理,能相互通信和资源共享的系统。

1.1.2 计算机网络的组成

计算机网络本身是一个非常复杂的系统,一般可以从逻辑功能上将计算机网络划分为资源子网和通信子网。而从资源构成的角度来说,计算机网络又可以认为是由硬件系统和软件系统组成的。

1. 计算机网络的逻辑功能组成

计算机网络具有网络通信和资源共享两种功能,因此可将计算机网络看成一个两级网络,即内层的通信子网和外层的资源子网,如图 1-1 所示。其中,节点 A~E 为中间节点,与通信介质构成通信子网,主机或终端构成资源子网。两级计算机子



网是现代计算机网络结构的主要形式。

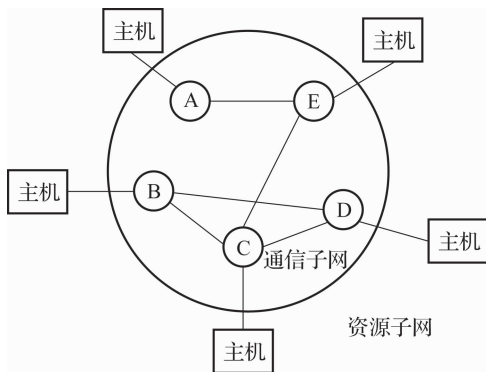


图 1-1 计算机网络的两级子网

(1)资源子网。资源子网主要由联网的主机、终端、外部设备、网络协议及网络软件等组成,主要任务是为用户提供网络访问和资源共享等服务。

(2)通信子网。通信子网主要由通信线路(传输介质)、网络连接设备(如分组交换设备 PSE、分组装配/拆卸设备 PAD)、网络协议和通信软件等组成,主要任务是连接网络中的各个计算机和外部设备,实现网络通信功能,包括数据的加工、变换、传输和交换等通信处理工作,即将一台主机的信息传送给另一台主机。

2. 计算机网络的资源结构组成

计算机网络系统是由通信子网和资源子网组成的,而网络硬件系统和网络软件系统是网络系统赖以存在的基础。网络类型对网络硬件的选择起决定性作用,网络软件则是挖掘网络潜力的工具。

(1)网络硬件。网络硬件是计算机网络系统的物质基础。要构成一个计算机网络系统,首先要将计算机及其外部设备与网络中的其他计算机连接起来。不同计算机的网络硬件是有差别的。随着计算机技术和网络技术的发展,网络硬件日趋多样化、复杂化,功能更加强大。

①线路控制器(line controller, LC):主机或终端设备以及调制解调器的接口设备。

②通信控制器(communication controller, CC):用于对数据通信各个阶段进行控制的设备。

③通信处理机(communication processor, CP):作为数据交换的开关,负责通信处理。

④前端处理机(front end processor, FEP):负责通信处理的设备。



⑤集中器 C(concentrator)、多路复用器 MUX(multiplexer):通过通信线路分别和多个远程终端相连接的设备。

⑥主机 HOST:主机可以是大型机、中型机、小型机或微型机,它通过高速通信线路与线路控制器 LC 相连。

⑦终端:终端是用户进行网络操作时所使用的末端设备,是用户访问网络的接口。

(2)网络软件。由于网络中的每个用户都可以共享系统中的各种资源,网络需要对用户进行控制,否则会造成系统混乱、信息破坏或丢失。为了协调网络资源,系统需要对网络资源进行统一的管理、调度和分配,并采取一系列的安全保密措施,防止用户非法访问,以防数据和信息的破坏或丢失。网络软件是实现网络管理不可缺少的组成部分,包括以下几种。

①网络协议和协议软件:根据网络体系结构或网络类型的不同有 TCP/IP、SPX/IPX、NetBEUI 等协议。

②网络通信软件:实现网络工作站之间的通信。

③网络操作系统(network operation system,NOS):网络操作系统是用于实现系统资源共享、管理网络用户的应用程序,是最主要的网络软件。常用的网络操作系统有 Windows NT、NetWare、Linux 和 UNIX 等。

④网络管理及网络应用软件:网络管理软件用于对网络资源进行管理并对网络进行维护(如网络操作系统、网管软件等),网络应用软件能提供某种服务(如 FTP、E-mail 等)。

1.1.3 计算机网络的功能

计算机网络技术现在已经被应用到了社会生活的各个领域,成为人们工作、学习、生活中不可缺少的重要组成部分。不同的计算机网络是为不同的应用需求而设计组建的,因而计算机网络具有多种功能和应用。

当前,计算机网络的功能主要有以下几个方面。

1. 资源共享

计算机网络最具吸引力的功能是计算机网络中的用户可以共享网络中各种硬件和软件资源,这样可以使网络中各部分的资源互通有无、分工协作,从而提高系统资源的利用率。



2. 数据传输

数据传输是计算机网络的基本功能之一,用于实现计算机与终端或计算机与计算机之间的信息传输,从而提高计算机系统的整体性能,大大方便了人们的工作和生活。

3. 集中管理

计算机网络技术的发展和应用,使得现代的办公、经营管理方式等发生了很大的变化。通过管理信息系统(management information system, MIS)、办公自动化(office automation, OA)系统可以将地理位置分散的生产单位或业务部门连接起来进行集中管理,提高工作效率和经济效益。

4. 分布式处理

对于综合性的大型问题可以采用合适的算法,将任务分散到网络中的各台计算机上进行分布式处理,以达到均衡使用网络资源、多人协作处理的目的。

5. 负载均衡

负载均衡是指工作被均匀地分配给网络上的各台计算机。网络控制中心负责分配和检测,当某台计算机负载过重时,系统会自动转移部分工作到负载较轻的计算机中去处理。

6. 提高安全与可靠性

借助计算机网络还可降低计算机系统出现故障的概率,提高系统的可靠性。另外,用户可将重要的资源分布在不同的计算机上。这样,即使某台计算机出现故障,用户也可以通过网络来访问其他计算机中的这些资源。

1.1.4 计算机网络应用

计算机网络目前正处于迅速发展的阶段,网络技术的不断更新,进一步扩大了计算机网络的应用范围,它已渗透到国民经济及人们日常生活的各个方面。除了前面讲到的各种功能外,计算机网络还具有以下几个主要方面的应用。

1. 网络在科研和教育中的应用

(1)在科研方面,通过计算机网络,科技人员可以共享资源,在网上查询各种文件资料,进行学术交流。

(2)在教育方面,有专门的教育网,有条件的学校可以建设校园网,在这些基础上可以开设网上课程,实现远程教育。师生可以利用网络进行课后答疑,还可以通过网络提交作业和进行在线测试。



2. 网络在企事业单位中的应用

计算机网络可以使企事业单位实现内部办公自动化,做到各种软件和硬件资源共享。如果把内部网(Intranet)接入互联网(Internet),还可以实现异地办公。

3. 网络在商业领域的应用

随着计算机的广泛应用,电子商务、电子政务、网上购物已成为商贸活动的重要手段。例如,在2021年“双十一”活动期间,全国邮政、快递企业共处理快件47.76亿件,其中11月11日当天共处理快件6.96亿件。

4. 网络在家庭生活中的应用

网络在家庭生活中的应用主要有电子邮件、电子贺卡等,目前已经很难见到传统的信件和贺卡了。另外,网络电视、网上聊天、网络游戏等也是现在人们生活中的重要组成部分。

1.1.5 互联网发展概述

2021年是中国共产党成立100周年,也是“十四五”开局之年。目前,我国工业和信息化发展成就斐然,制造强国和网络强国建设迈出坚实步伐。互联网行业实现跨越式发展,基础支撑、创新驱动、融合引领作用更加凸显,在国民经济和社会中的地位显著提升。工业互联网正在推动数字技术与传统实体经济深度融合,赋能千行百业数字化转型,成为助推经济社会高质量发展的重要引擎。以下是我国互联网发展中取得的一些成果:

(1)全球最大的互联网人群。10.11亿中国人介入互联网,互联网普及率达71.6%,人数超过欧洲总人口(全球人口的五分之一)。

(2)全球最大的移动互联网市场。手机网民规模达10.07亿,手机上网率99.6%,共9.86亿。

(3)中国网络视频(含短视频)用户规模达9.44亿。

(4)网络购物与移动支付领先全球。网购用户8.12亿,占总体网民的79.1%,无钱包时代全面普及,网络支付用户规模8.54亿,2020年移动支付超过400万亿,领先全球。在2021年的“双十一”活动中,仅国内著名的网上购物平台“天猫”与“京东”的交易额就分别达5403亿元和3491亿元人民币。

(5)在线教育与医疗发展迅速。截至2020年12月,健康码助9亿人出行,在线教育用户规模达3.42亿,占总体网民的34.6%;在线医疗用户规模达2.15亿,占总



体网民的 21.7%。

(6)中国拥有全球最大的信息通信网络。截至 2021 年 4 月,中国光纤宽带用户占比 94%,固定带宽端到端用户体验速度达 512 Mbps,移动网络速率在全球 139 个国家和地区中排名第 4 位。

(7)5G 与 6G 专利数量世界第一。截至 2021 年 5 月,中国 5G 标准必要专利声明数量占比超过 38%,位列全球首位,5G 应用创新案例超过 9 000 个。中国是 6G 专利的主要申请国,全球的 6G 专利申请达到 3.8 万项,而中国独占了全球的三分之一,占比高达 35%,申请数量约为 13 万项,稳居全球第一。

(8)2020 年 11 月,全球第一颗成功发射的 6G 卫星是中国的“电子科技大学号”,拥有低轨卫星移动通信测试和不俗的卫星发射能力。

1.2 / 计算机网络的分类

按照不同的标准,可以将计算机网络分为不同的类型。分类的目的是便于从不同的方面了解不同网络类型的特点,从而选择和搭建更适合自己的网络环境。

1.2.1 按网络的工作方式分类

按网络工作方式的不同,计算机网络可分为集中式网络和分布式网络。

1. 集中式网络

集中式网络的处理控制功能高度集中在一个或少数几个节点上,所有的信息流都必须经过这些节点。这种网络常用在小型局域网或内部专用网,如 Novell 网络。

2. 分布式网络

分布式网络中的任一节点都至少和另外两个节点相连接,信息从一个节点到达另一个节点可能有多条路径,如 Internet 就是全球最大的分布式计算机网络。

1.2.2 按网络的覆盖范围分类

按网络覆盖范围的大小,计算机网络可分为广域网(wide area network, WAN)、城域网(metropolitan area network, MAN)和局域网(local area network, LAN)。

1. 广域网

广域网也称远程网,它所覆盖的地理范围从几十千米到几千千米,可以跨越辽



阔的地理区域进行长距离的信息传输,所覆盖的地理范围可以是一个城市、一个国家,甚至是全球。

在广域网内,用于通信的传输设备和介质一般由电信部门提供,网络则由多个部门联合组建或由国家组建。广域网规模大,能实现较大范围的资源共享。国际互联网 Internet 就是全球最大的广域网。

2. 城域网

城域网的覆盖范围介于广域网和局域网之间,是一个城市或地区组建的网络,作用范围一般为几十千米。随着网络速度和用户对宽带接入需求的不断提高,城域网及宽带城域网的建设已成为目前网络建设的热点。

3. 局域网

局域网是由单位或部门组建的小型网络,一般局限在一座建筑物或一片园区内,其覆盖范围通常为几十米至几千米。局域网规模小、速度快,应用非常广泛。关于局域网的内容将在后面模块中做较详细的介绍。

需要指出的是,广域网、城域网和局域网只是一个相对的划分,而且随着计算机网络技术的发展,三者的界限已经变得模糊了。

1.2.3 按网络的传输技术分类

按网络的传输技术可以将计算机网络分为广播式网络(broadcast network)和点到点网络(point-to-point network)。

1. 广播式网络

广播式网络是指网络中的所有计算机共享一条通信信道。广播式网络在通信时具备两个特点:一是任何一台计算机发出的消息都能够被其他连接到这条总线上的计算机收到,二是任何时间内只允许一个节点使用信道。

2. 点到点网络

点到点网络是由一对对计算机之间的多条连接构成的。为了能使信息从源地到达目的地,这种网络上的分组可能通过一台或多台中间设备,通常是多条路径,并且可能长度不一样。简单地说,点到点网络就是通过中间设备将信息直接发送到需要接收的计算机,其他计算机却收不到这个消息。

1.2.4 按网络的拓扑结构分类

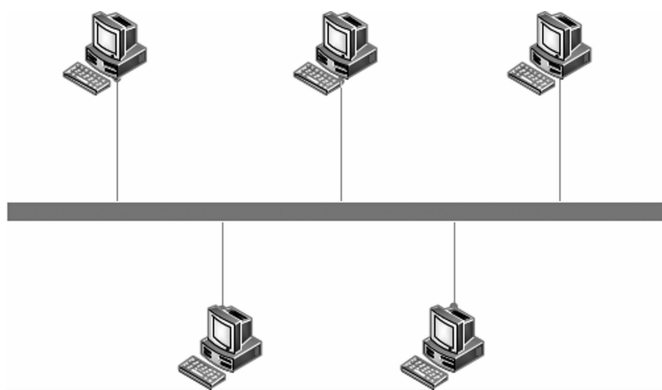
网络拓扑结构是指用传输媒体互连各种设备的物理布局,即用何种方式把网络中的



计算机等设备连接起来。网络的拓扑结构通常有总线型、环型、星型和网状等类型。

1. 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构是将网络中的所有设备都通过一根公共总线连接,通信时信息沿总线进行广播式传送,如图 1-2 所示。



视频
总线型拓扑结构

图 1-2 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构简单,增删节点容易;网络中任何节点的故障都不会造成全网的瘫痪,可靠性高。但是,任意两个节点之间传送数据都要经过总线,总线成为整个网络的瓶颈,当节点数目多时,易发生信息拥塞。

总线型结构投资小,安装布线容易,可靠性较高,在传统的局域网中比较常见。

2. 环型拓扑结构

在环型拓扑结构中,所有设备连接成环,信息是沿着环采用广播方式传送的,如图 1-3 所示。在环型拓扑结构中每一台设备只能和相邻节点直接通信。与其他节点通信时,信息必须依次经过两者间的每一个节点。

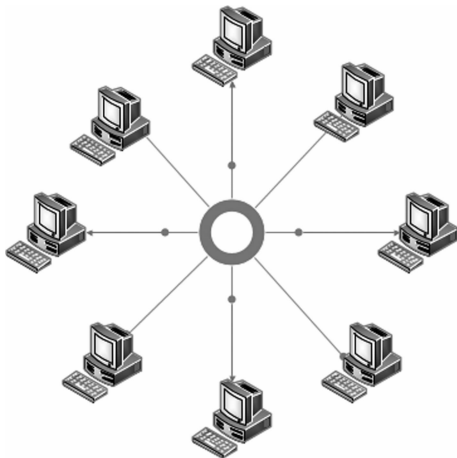


图 1-3 环型拓扑结构

环型拓扑结构的优点是:信息在环形网络中按一个特定的方向流动,每两台计算机之间只有一个通路,简化了路径的选择;环形网络中所需的电缆总长度与总线型网络相当;由于避免了冲突,网络的实时性比总线型网络好;环形网络非常适合使用光纤,光纤的传输速度快,而且可以避免同轴电缆电磁干扰的问题。

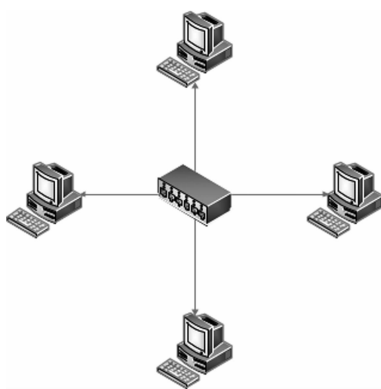
环型拓扑结构的缺点是:对环接口的要求很高,如果一个环接口出现故障,则整个网络就会瘫痪;由于任何节点的故障都会对网络造成影响,从而为故障的诊断增加了难度。此外,当网络的节点增多时,令牌在环中传递的周期就会加长,势必对网络的实时性和传输性能产生负面影响。

3. 星型拓扑结构

星型拓扑结构由一个中央节点和若干从节点组成,如图 1-4 所示。中央节点可以与从节点直接通信,而从结点之间的通信必须经过中央节点转发。

星型拓扑结构的优点是:利用中央节点可以方便地提供服务和配置网络,便于建网;单个连接点的故障只影响一个设备,不会影响全网,故障也比较容易检测和隔离,便于维护;任何一个连接只涉及中央节点和一个从节点,控制介质访问的方法很简单,从而访问协议也很简单,数据的安全性和优先级容易控制,易实现网络监控。此外,星型拓扑结构中数据传输的时延比较短,网络实时性较强。

星型拓扑结构的缺点是:每个从节点直接与中央节点相连,需要大量电缆,因此费用较高;如果中央节点产生故障,则全网不能工作,所以对中央节点的可靠性和冗余度要求很高。此外,星型拓扑结构的通信电缆是各节点专用的,利用率不高。



视频
星型拓扑结构

图 1-4 星型拓扑结构

4. 网状拓扑结构

网状拓扑结构分为一般网状拓扑结构和全连接网状拓扑结构两种。一般网状



拓扑结构中的每个节点至少与其他两个节点直接相连,如图 1-5(a)所示。全连接网状拓扑结构中的每个节点都与其他所有节点由通信线路连接,如图 1-5(b)所示。

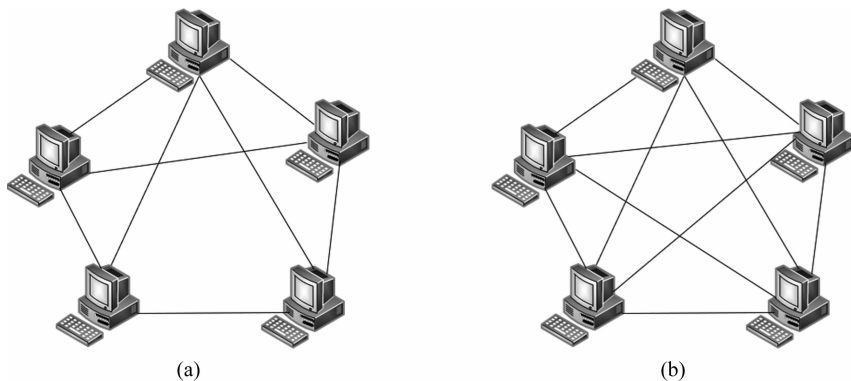


图 1-5 网状拓扑结构

(a)一般网状拓扑结构; (b)全连接网状拓扑结构

网状拓扑结构的优点是:容错能力强,如果网络中的一个节点或一段链路发生故障,信息可通过其他节点和链路到达目的节点,故可靠性高。

网状拓扑结构的缺点是:建网费用高,布线困难。

1.3 / 常见的网络设备

为了实现网络中计算机及相关设备之间的通信,就必须用到各种各样的网络设备,它们或者拥有信号的接收、发送功能,或者拥有信号的再生、中继功能。

1.3.1 网卡

网络接口卡(network interface card, NIC)简称网卡,也称为网络适配器,是计算机接入网络的接口,也是局域网中最重要的部件之一。

1. 网卡的功能

网卡有两项主要的功能:一是将计算机的数据封装成帧(数据包),并通过网线将数据发送到网络上;二是接收网络上传送过来的帧,并将帧重新组合成数据,发送给计算机处理。每块网卡都有一个唯一的网络节点地址,它是生产厂家在生产该网卡时直接烧入网卡的只读存储器(read-only memory, ROM)中的,也称为 MAC



(media access control)地址。网卡的 MAC 地址全球唯一,一般用于在网络中标识网卡所连接计算机的身份。

2. 网卡的构成

网卡的构成如图 1-6 所示,网卡主要由主控制编码芯片、调控元件、工作状态指示灯和网卡接口组成。

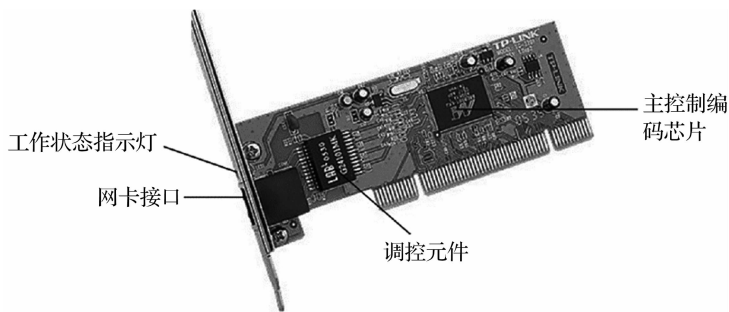


图 1-6 网卡的构成

(1)主控制编码芯片。网卡的主控制编码芯片用于控制进出网卡的数据流。

(2)调控元件。调控元件的作用是发送和接收中断请求信号。

(3)工作状态指示灯。网卡的端口上方一般配有一个或多个工作状态指示灯,用来显示网卡当前的工作状态,便于了解网卡的工作状态和诊断故障。

(4)网卡接口。网卡的接口有 RJ-45 接口(使用双绞线连接)、BNC 接口(使用细同轴电缆连接)、AUI 接口(使用粗同轴电缆连接)和光纤接口四种。RJ-45 接口网卡是最常见的一种网卡,它的接口使用的是 8 芯线。BNC 接口网卡主要用于以细同轴电缆作为传输介质的以太网或令牌环网。随着千兆以太网技术的发展,出现了光纤接口的网卡。其实很多网卡使用的接口并不是唯一的,如有些网卡既有 BNC 接口又有 RJ-45 接口。

3. 无线网卡

无线网卡是在无线局域网中通过无线传输介质连接网络的无线终端设备。具体来说,无线网卡就是使用户的计算机可以利用无线技术上网的装置,但有了无线网卡还需要一个可以连接的无线网络,如果用户所在地有无线路由器或无线接入点(access point, AP)的覆盖,就可以通过无线网卡以无线的方式上网,图 1-7 所示为两种常见的无线网卡。



图 1-7 两种常见的无线网卡

1.3.2 集线器

集线器(见图 1-8)的英文名称是 Hub,应用于 OSI 参考模型的物理层,因此又称为物理层设备。集线器内部采用了电气互连,用户可以使用集线器建立一个物理上的星型或树型网络结构,此时,集线器所起的作用相当于多端口的中继器。实际上,集线器就是中继器的一种,它与普通中继器的区别仅在于集线器能够提供更多的端口服务,因此,集线器又称为多口中继器。



图 1-8 集线器

1. 集线器的作用

集线器具有以下作用:

- (1)在所有网段上强制冲突。
- (2)恢复信号幅度。
- (3)信号重计时(本身有计时电路)。
- (4)恢复信号对称性。
- (5)重构帧前同步信号。
- (6)分段扩展。
- (7)故障隔离。

2. 集线器的类型

集线器可以按照接口数量、带宽、配置方式和网络管理类型等进行分类。



(1)按照接口数量分类。目前,主流集线器主要有 8 口、16 口和 24 口等,但也有少数品牌提供非标准接口数,如 4 口和 12 口,还有一些 5 口、9 口、18 口的集线器产品。

(2)按照带宽分类。目前,主流的集线器带宽主要有 10 Mb/s、10/100 Mb/s 自适应型和 100 Mb/s 三种。需要说明的是,这里的带宽是指整个集线器所能提供的总带宽,而非每个端口所能提供的带宽。在集线器中,所有端口都共享集线器的背板带宽。例如,集线器带宽为 10 Mb/s,总共有 4 个端口,4 个端口同时使用时,每个端口的带宽只有 2.5 Mb/s。因此,所连接的节点数越少,每个端口所分得的带宽就会越大。

(3)按照配置方式分类。如果按配置方式来分类,集线器一般可分为独立型集线器、模块化集线器和堆叠式集线器三种。

①独立型集线器。独立型集线器是带有许多端口的单个盒子式的集线器产品。独立型集线器之间一般可以用 10 Base-5 同轴电缆连接,以实现扩展级联,这主要应用于总线型网络。独立型集线器具有价格低、容易查找故障、网络管理方便等优点,但这类集线器的工作性能比较差,尤其是在速度上缺乏优势。

②模块化集线器。模块化集线器一般配有机架,带有多个插槽,每个插槽可放一块通信卡,每个卡的作用就相当于一个独立型集线器,多块卡通过安装在机架上的通信底板互连并进行相互间的通信。现在常用的模块化集线器一般具有 4~14 个插槽。模块化集线器的各个端口都有专用的带宽,网段之间采用交换技术,以减少冲突,提高通信效率。

③堆叠式集线器。堆叠式集线器可以将多个集线器“堆叠”使用,当它们连接在一起时,其作用与模块化集线器相同。堆叠在一起的集线器可以当作一个设备单元来进行管理。一般情况下,当多个集线器堆叠时,其中有一个可管理集线器,利用可管理集线器可对此堆叠式集线器中的其他集线器进行管理。堆叠式集线器可以非常方便地实现网络的扩展。

(4)按照网络管理类型分类。按照网络管理类型,可以将集线器分为非网管型集线器和可网管型集线器两种。

①非网管型集线器。这类集线器属于低端产品,不能进行网络管理和监测,通常只用于小型网络。

②可网管型集线器。这类集线器也称为智能集线器,可通过 SNMP(简单网络管理协议)进行简单管理(这种管理大多是通过增加网管模块来实现的)。可网管型



集线器都会提供一个 Console 端口。这个 Console 端口一般为设备的控制端口,用于实现设备的初始化或远程控制,它使用专用线缆直接连接至计算机的串口,利用终端仿真程序进行设备的本地配置。

3. 集线器的接口

集线器通常提供三种类型的接口,即 RJ-45 接口、BNC 接口和 AUI 接口,可以适用于不同类型电缆构建的网络。一些高档集线器还提供堆叠接口和其他类型的接口。

(1)RJ-45 接口。RJ-45 接口用于连接 RJ-45 接头,适用于由双绞线构建的网络,这种接口最为常见,一般来说,以太网集线器大多会提供这种接口。

集线器的 RJ-45 接口既可以直接连接计算机、网络打印机等终端设备,也可以与交换机、路由器以及其他集线器进行连接。

提示:当连接至不同设备时,所使用的双绞线电缆的跳线方法有所不同。

(2)BNC 接口。BNC 接口是用于与细同轴电缆连接的接口,它一般通过 BNC T 型接头来进行连接。

(3)AUI 接口。AUI 接口可以连接粗同轴电缆的 AUI 接头,因此,这种接口用于粗同轴电缆网络的连接。

(4)堆叠接口。这种接口只有可堆叠集线器才具备,用来连接两个可堆叠集线器。一般一个可堆叠集线器中同时具有两个外观类似的接口,一个标注为 UP,另一个标注为 DOWN。在连接时,使用电缆从一个可堆叠集线器的 UP 接口连接到另一个可堆叠集线器的 DOWN 接口上。

1.3.3 交换机

交换机(switch)是目前局域网中最常使用的网络设备。本节主要介绍交换机的基本概念、常见的交换机产品及其性能指标。

1. 交换机概述

广义的交换机就是一种在通信系统中完成信息交换功能的设备。交换机是集线器的更新换代产品。

交换机拥有一条带宽很高的背部总线和内部交换矩阵,交换机的所有端口都挂接在这条背部总线上。控制电路收到数据包以后,处理端口会查找内存中的 MAC 地址(网卡的唯一硬件地址)对照表,以确定目的 MAC 地址对应的网卡挂接在哪个



端口上,通过内部交换矩阵直接将数据包迅速传送到目的节点,而不是所有节点,若目的 MAC 地址不存在,则广播到所有端口。可以明显看出,交换机的这种工作方式效率高,不会浪费网络资源;只对目的地址发送数据,一般来说不易产生网络堵塞;数据传输安全,它不是对所有节点同时发送数据,其他节点很难侦听到所发送的信息,这也是交换机取代集线器的重要原因之一。

交换机一般根据 MAC 地址转发数据包。带网管功能的交换机可以对每个端口的流量进行监测,一般的可管理型交换机支持虚拟局域网(VLAN)、链路汇聚,有的还具有防火墙功能,如图 1-9 所示。



图 1-9 华为 S2720-EI 系列交换机

2. 常见的交换机产品

随着网络技术的发展,交换机产品的性能也在不断提升,下面介绍几种常见的交换机产品。

(1)快速以太网交换机。快速以太网交换机主要用于 100 Mb/s 的快速以太网,能够在普通双绞线或光纤上实现 100 Mb/s 传输带宽。快速以太网交换机通常采用的介质是双绞线,有的快速以太网交换机为了兼顾与其他光传输介质的网络互连,会留有少量的光纤接口。

(2)千兆以太网交换机。千兆以太网交换机的带宽可以达到 1 000 Mb/s,一般用于大型网络的骨干网段,采用的传输介质有光纤、双绞线两种,对应的接口为 SC 和 RJ-45 两种。

(3)10 Gb/s 以太网交换机。10 Gb/s 以太网交换机主要用于 10 Gb/s 以太网络的接入,一般用于骨干网段,采用的传输介质为光纤,其接口方式也相应为光纤接口。

(4)ATM 交换机。ATM 交换机是用于 ATM 网络的交换机产品。ATM 网络由于其独特的技术特性,现在还只是用于电信、邮政网的主干网段。与以太网交换机相比,ATM 交换机的价格较高。

(5)FDDI 交换机。FDDI 交换机是用于 FDDI 网络的交换机,它的传输速率可达 100 Mb/s,采用光纤作为传输介质。FDDI 交换机目前已经被淘汰。

3. 交换机的性能指标

交换机的性能指标主要包括接口、传输速率、传输介质、传输模式、网络标准、交换方式、背板带宽、管理功能和 MAC 地址容量。



(1)接口。对于家庭或小型办公网络,一般使用价格低廉的5口或8口桌面型交换机即可。通常接口数量越多,交换机价格越高。当然,如果条件允许,可以选择16口、24口或更多接口数的交换机,以满足网络扩展的需要。交换机的接口类型一般是RJ-45接口,同时交换机会通过一个UP-Link(级联)接口实现交换设备的级联。另外,有的接口还支持MDI/MDIX自动跳线功能,通过此功能可以在级联交换设备时自动按照适当的线序连接,而无须手工配置。

(2)传输速率。在家庭或小型办公网络中,一般使用传输速率为100 Mb/s的交换机即可。在市场上,百兆交换机主要以10/100 Mb/s自适应交换机为主。虽然千兆网络技术已经快速发展,但对于普通家庭或小型办公用户来说并不实用。不过,有条件的用户可以选择10/100/1000 Mb/s自适应交换机和100/1000 Mb/s自适应交换机,以适应网络升级的需要。

(3)传输介质。低端交换机(如10/100 Mb/s自适应交换机)一般采用100 Base-Tx 5类UTP(非屏蔽双绞线)作为传输介质,支持100 Mb/s的最大传输速率以及最大100 m的传输距离。低端交换机还支持10 Base-T/10 Base-Tx的3类或3类以上UTP。千兆交换机一般采用的传输介质为1000 Base-Tx超5类UTP或光纤。

(4)传输模式。目前,交换机一般支持全/半双工自适应模式,全双工(full duplex)模式可以同时接收和发送数据,数据流是双向的;半双工(half duplex)模式不能同时接收和发送数据,数据流是单向的。与半双工模式相比,全双工模式具有更高的网络传输效率。

(5)网络标准。交换机遵循的网络标准一般应包括IEEE 802.3 10 Base-T以太网标准、IEEE 802.3u 100 Base-Tx快速以太网标准、IEEE 802.3x流量控制标准、IEEE 802.1q虚拟局域网标准、IEEE 802.1p优先级控制标准、IEEE 802.1d生成树协议标准,千兆交换机还应支持IEEE 802.3z 1000 Base-X或IEEE 802.3ab 1000 Base-T标准。

(6)交换方式。目前,交换机采用的交换方式主要有存储-转发和直通两种。存储-转发是在交换机接收到全部数据包后再决定如何转发,可以检测数据包的错误,支持不同速率的输入/输出端口的数据交换,但数据处理的延时较长。存储-转发技术是计算机网络领域使用最为广泛的技术之一,如今大部分的交换机产品支持此技术。直通交换方式是在交换机收到整个帧之前就已经开始转发数据,这样可以减少延时。低端交换机一般只支持存储-转发或直通交换方式中的一种。



(7)背板带宽。背板带宽是指交换机接口处理器和数据总线之间的最大数据吞吐量。背板带宽越宽越好。两台同样的 8 口 10/100 Mb/s 自适应交换机在端口带宽、延迟时间相同的情况下,背板带宽较宽的交换机的传输速率较高。一般 5 口和 8 口交换机的背板带宽为 1~3.2 Gb/s。

(8)管理功能。利用交换机的管理功能可以实现管理、配置交换机,从而让交换机更好地工作。例如,可通过 Web 浏览器、Telnet、SNMP、RMON、CLI 命令行等管理交换机。通常,交换机支持的网络管理功能越多,价格也相对越高。一般的交换机提供 SNMP MIB I /MIB II 统计管理功能。

(9)MAC 地址容量。交换机是一种基于 MAC 地址识别,能够完成数据包交换功能的设备。它可以通过 MAC 地址学习功能将连接到自身的设备的 MAC 地址保存在 MAC 地址列表中,这样在下次进行数据交换时可以直接从 MAC 地址列表中找到目的地址。MAC 地址容量是指交换机的 MAC 地址表中最多可以存储的 MAC 地址数量,低端交换机一般为 2 000 个左右。交换机支持的 MAC 地址数越多,数据转发的速率也就越高。

提示:除了以上性能指标外,还要注意产品是否支持 VLAN、QoS 以及模块化插卡接口等功能。



1.3.4 路由器

图文

华为产品国际
获奖

路由是指通过相互连接的网络把信息从源地址传送到目的地址的活动。路由器是一种负责寻径的网络设备,用于连接多个逻辑上分开的网络,它在互联网络上从多条路径中寻找出通信量最少的一条网络路径提供给用户进行通信。

1. 路由器的种类

路由器主要有 4 种类型,即接入路由器、企业(或校园)级路由器、骨干级路由器和太比特路由器。

(1)接入路由器。接入路由器是用于家庭或小型企业网络的通信设备。接入路由器支持许多异构接口(如串口、Ethernet 接口等)和高速接口,并能够在各个接口上运行多种协议。

(2)企业(或校园)级路由器。企业(或校园)级路由器连接许多终端系统,其主要目标是实现尽可能多的端点互连,并提供较高的服务质量。

(3)骨干级路由器。骨干级路由器实现企业级网络的互连。骨干级路由器的传



输速率高、可靠性好,但价格昂贵。其硬件可靠性可以采用电话交换网中使用的热备份、双电源、双数据通路等技术来获得。

骨干级路由器的主要性能瓶颈是在转发表中查找某个路由所消耗的时间较多。当收到一个数据包时,输入接口在转发表中查找此数据包的目的地址,以确定其目的接口,当数据包较短或当数据包要发往许多目的接口时,势必会增加路由查找代价。将一些常访问的目的接口放到缓存中能够提高路由查找效率。不管是输入缓冲还是输出缓冲路由器,都存在路由查找的瓶颈问题。

(4)太比特路由器。太比特路由器是下一代互联网将要广泛使用的路由器,与现有的千兆比特路由器相比,太比特路由器具有以下4个新功能。

①冗余功能。太比特路由器能够配置冗余输入/输出模块、冗余网络交换模块和路由控制处理器。网络交换功能在输入/输出模块之间呈分布式配置,其优点是如果一个模块失效,网络交换功能即刻由另一个模块自动承担。

②路由计算功能。太比特路由器分别进行路由计算,在不同的模块上进行输入/输出处理,因此,某个路由处理器发生故障并不影响其他路由正常工作。

③自动切换功能。太比特路由器能够对备份路由处理引擎提供自动切换功能(但实现这一功能要求重新启动整个系统或重新启动处理器)。目前,存在的问题是切换速度还不是很快,大约需要1 min才能完成切换过程。

④路由集群功能。在不影响现有路由器运行的情况下,增加路由集群功能可以为用户提供更多的端口。

2. 路由器的技术参数

路由器的技术参数包括吞吐量、路由表能力、背板能力、丢包率、延时、背靠背帧数、延时抖动、用户可用插槽数、服务质量能力、网络管理、可靠性和可用性等。

(1)吞吐量。吞吐量是指路由器的数据包转发能力。吞吐量与路由器接口数量、接口速率、数据包长度、数据包类型、路由计算模式(分布或集中)以及测试方法有关,一般泛指处理器处理数据包的能力。吞吐量主要包括以下两个方面。

①整机吞吐量。整机吞吐量指设备整机的数据包转发能力,是设备性能的重要指标。路由器根据IP数据包头或MPLS标记选择路由,其性能指标是指每秒转发数据包的数量。整机吞吐量通常小于路由器所有端口的吞吐量之和。

②接口吞吐量。接口吞吐量是指接口的数据包转发能力,因此接口吞吐量通常用于衡量路由器在某接口上的数据包转发能力。

(2)路由表能力。路由器通常通过路由表来决定数据包的转发方向。路由表能



力是指路由表内所能容纳的路由表项数量的极限。由于在 Internet 上执行 BGP(边界网关协议)的路由器通常拥有数十万条路由表项,路由表能力是路由器能力的重要体现。一般而言,高速路由器应能够支持至少 25 万条路由,平均每个目的地址至少提供 2 条路由,系统必须支持至少 25 个 BGP 对等以及至少 50 个 IGP(内部网关协议)邻居。

(3)背板能力。背板是输入与输出端口间的物理通路。背板能力是路由器性能的重要指标,传统路由器采用共享背板,高速路由器一般采用可交换式背板设计。背板能力能够体现在路由器吞吐量上,通常大于依据吞吐量和数据包长所计算的。背板能力只能在设计中体现,一般无法测试。

(4)丢包率。丢包率是指路由器在持续稳定的负荷下,由于资源缺少而不能转发的数据包在应转发的数据包中所占的比例。丢包率通常用于衡量路由器在超负荷工作时的性能。丢包率与数据包长度以及数据包发送频率相关。

(5)延时。延时是指从数据包第一个比特的数据进入路由器到最后一个比特的数据输出路由器的时间间隔,此时间间隔是以存储-转发方式工作的路由器的处理时间。延时与数据包长度和链路传输速率都有关,通常在路由器端口吞吐量范围内测试。

(6)背靠背帧数。背靠背帧数是指以最小帧间隔发送最多数据包不引起丢包时的数据包数量。此指标用于测试路由器的缓存能力。具有全双工转发能力的路由器,背靠背帧数无限大。

(7)延时抖动。延时抖动是指延时变化。数据业务对延时抖动不敏感,因此,此指标通常不作为衡量高速路由器的重要指标。

(8)用户可用插槽数。用户可用插槽数是针对模块化路由器而言的,指模块化路由器中除 CPU 板、时钟板等必要系统板及(或)系统板专用槽位外用户可以使用的插槽数。根据用户可用插槽数以及用户板端口密度,可以计算此路由器所支持的最大接口数。

(9)服务质量能力。

①队列管理控制机制。队列管理控制机制通常指路由器的拥塞管理机制及其队列调度算法。常见的队列调度算法有 RED(随机先期检测)、WRED(加权随机先期检测)、WRR(加权轮询调度)、WFQ(加权公平排队)、WF2Q(加权公平流排队)等。

②接口硬件队列数。通常路由器所支持的优先级由接口硬件队列来保证,每个队列中的优先级由队列调度算法控制。



(10)网络管理。网络管理是指管理员通过网络管理程序对网络上的资源进行集中化管理,包括配置管理、记账管理、性能管理、故障管理和安全管理。设备所支持的网管程度体现了设备的可管理性与可维护性的难易程度。网管粒度是指路由器管理的精细程度。管理粒度可能会影响路由器的转发能力。

(11)可靠性和可用性。

①设备的冗余。冗余可以包括接口冗余、插卡冗余、电源冗余、系统板冗余、时钟板冗余等设备冗余。冗余用于保证设备的可靠性与可用性,冗余量的设计应当在设备可靠性要求与投资之间折中。路由器可以通过 VRRP(虚拟路由器冗余协议)等协议来保证冗余。

②热插拔组件。在更换热插拔组件时不会影响路由器正常工作。

③无故障工作时间。这一指标按照统计方式指出设备无故障工作的时间,一般无法测试,但可以通过主要组件的无故障工作时间或大量相同设备的工作情况计算。

④内部时钟精度。具有 ATM 或 POS 接口的路由器对信号同步的要求较高,因此对路由器内部时钟精度要求非常苛刻(时钟的精度会影响误码率)。

3. 路由器的接口类型

根据连接线缆的不同,路由器的接口类型主要分为以下几种:

(1)AUI 接口。AUI 接口是用来与粗同轴电缆连接的接口,它是一种 D 型 15 针接口,这是一种在令牌环网或总线型网络中比较常见的接口。路由器可通过粗同轴电缆收/发器实现与 10 Base-5 网络的连接,但更多的是借助外接的收/发转发器(AUI to RJ-45)实现与 10 Base-T 以太网的连接。

(2)RJ-45 接口。RJ-45 接口是一种常见的双绞线以太网接口(快速以太网中主要采用双绞线作为传输介质)。根据不同的接口通信速率,RJ-45 接口又可分为 10 Base-T RJ-45 接口和 100 Base-Tx RJ-45 接口两类。

(3)SC 接口。SC 接口即光纤接口,主要用于与光纤的连接。

(4)高速同步串口。高速同步串口主要用于连接目前应用非常广泛的 DDN、帧中继、X.25 等网络。这种同步串口要求传输速率非常高,因为一般来说通过这种接口连接的网络的两端要求实时同步。

(5)异步串口。异步串口主要应用于 Modem 或 Modem 池的连接,实现远程计算机通过公用电话网接入网络。

(6)ISDN BRI 接口。ISDN 有两种速率的接口,一种是 ISDN BRI(基本速率接口),另一种是 ISDN PRI(基群速率接口)。ISDN BRI 接口采用 RJ-45 标准,与



ISDN NT1 的连接使用 RJ-45 to RJ-45 直通线。ISDN BRI 接口用于 ISDN 线路,通过路由器实现与 Internet 或其他远程网络的连接。ISDN BRI 的 3 个通道的总带宽为 144 Kb/s,其中两个通道称为 B(荷载)通道,速率为 64 Kb/s,用于承载声音、影像和数据通信;另一个通道是 D(数据)通道,是速率为 16 Kb/s 的信号通道,用于实现信令(协议控制信息)管理。

实训 / 绘制网络拓扑结构图

【实训目的】

掌握网络拓扑结构图的绘制方法。

【实训内容】

使用 Microsoft Office Visio 2013 软件绘制网络拓扑结构图。

【实训步骤】

Visio 软件是微软公司开发的高级绘图软件,属于 Office 系列软件,可以绘制流程图、网络拓扑图、组织结构图、机械工程图、流程图等。

(1)在桌面上双击 Microsoft Office Visio 2013 的快捷方式图标,即可启动该软件,其界面如图 1-10 所示。



图 1-10 Microsoft Office Visio 2013 启动界面



(2)单击搜索框下方的“网络”链接,打开“新建”界面,如图 1-11 所示。

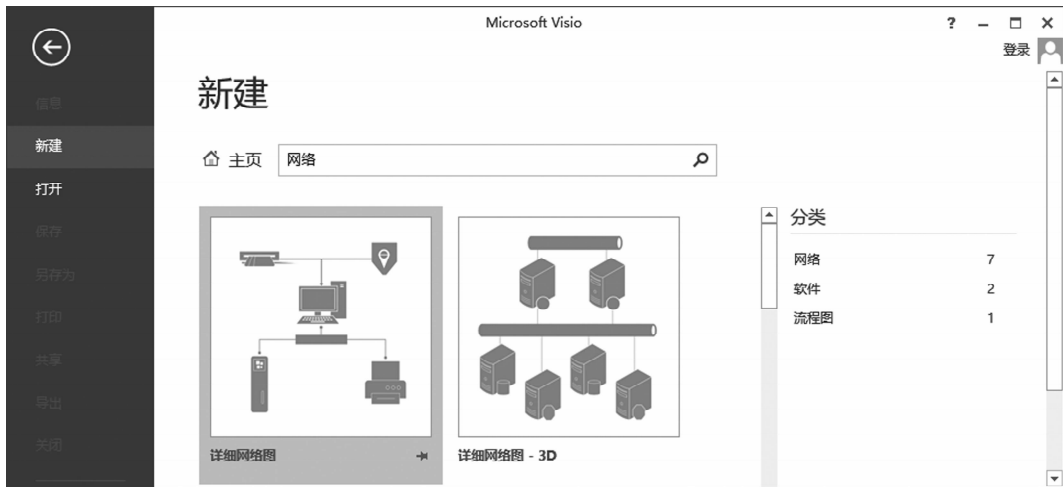


图 1-11 “新建”界面

(3)单击“详细网络图”模板,弹出“详细网络图”创建窗口,如图 1-12 所示。

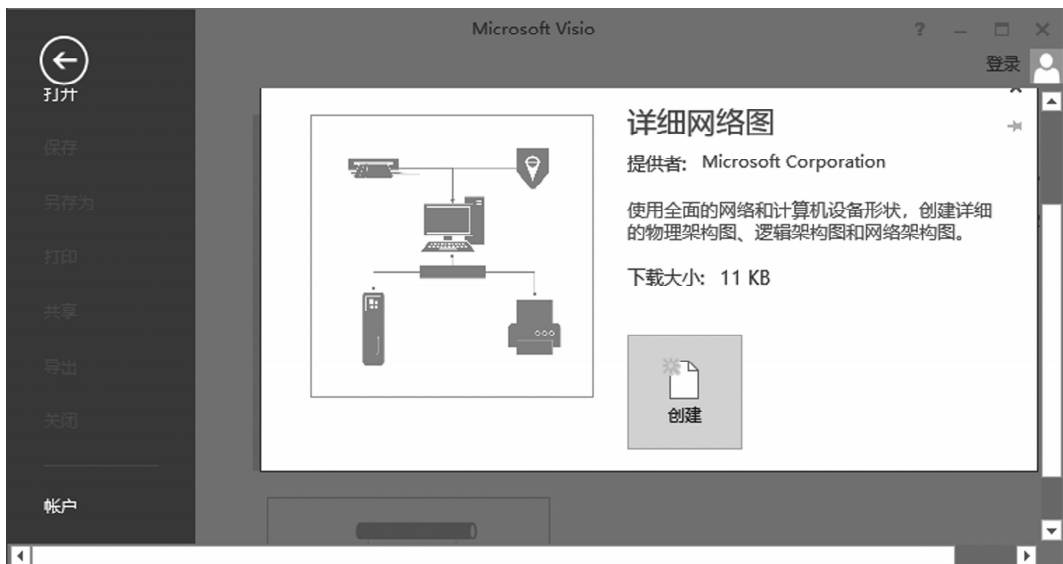


图 1-12 “详细网络图”创建窗口

(4)单击“创建”按钮,打开 Visio 的绘图界面,在左侧“形状”栏里可以看到绘制详细网络图所需要的一些基本图形形状,如图 1-13 所示。



图 1-13 Visio 的绘图界面

(5)首先单击左侧“形状”栏中的“计算机和显示器”，找到计算机对应的形状并拖到绘图区域内，作为网络设备，如图 1-14 所示。

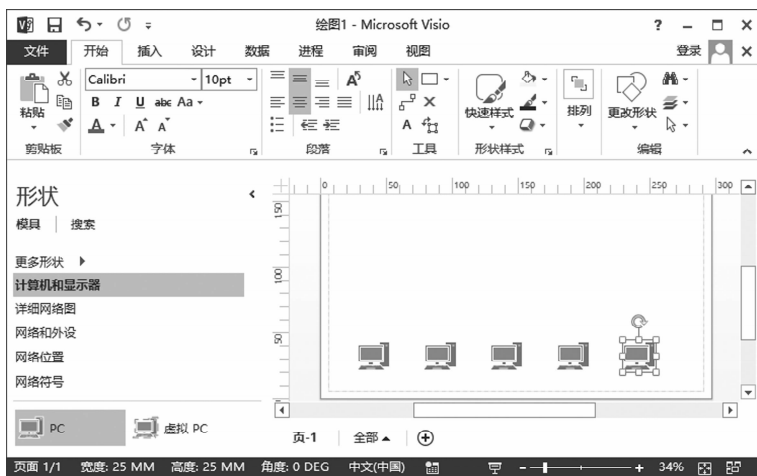



图 1-14 添加计算机

(6)然后在“形状”栏中分别找到交换机、路由器、防火墙以及无线电发射塔的对应该形状并拖到绘图区域内，单击“开始”选项卡的“工具”组中的“连接线”按钮,将各个设备连接起来，如图 1-15 所示。

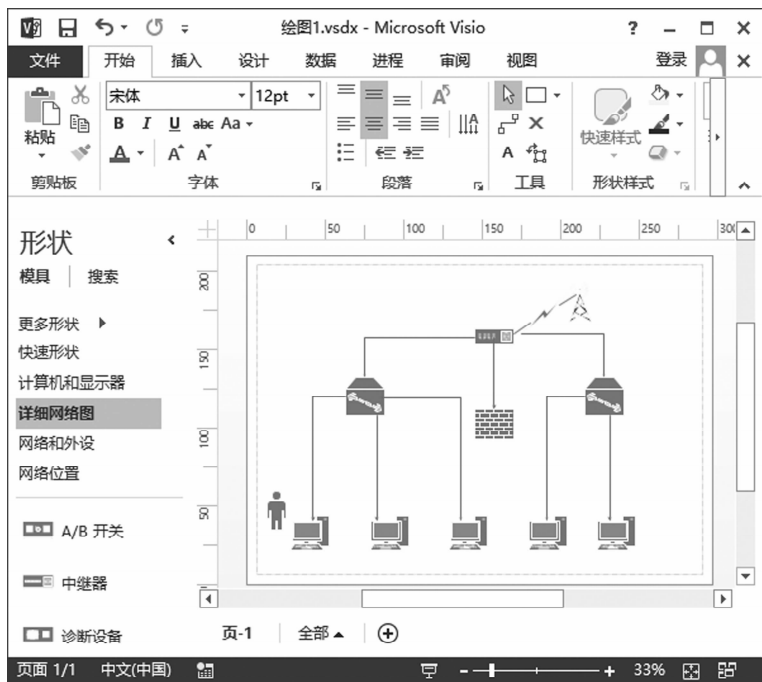


图 1-15 绘制并连接网络设备

(7)为了能够让其他人看明白绘图的含义,可以单击“插入”选项卡的“文本”组中的“文本框”按钮,在每个图形下方添加文字注释,这样一张简单的网络拓扑图就绘制完毕了,如图 1-16 所示。

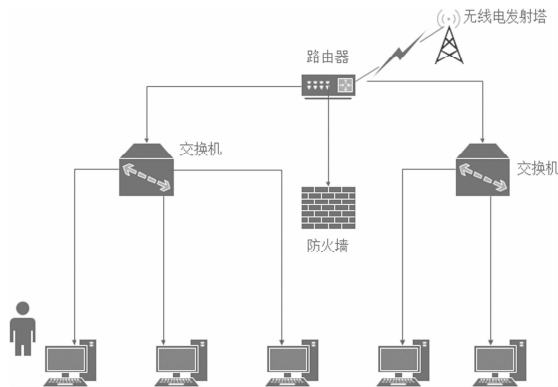


图 1-16 网络拓扑结构图

(8)使用 Visio 软件绘制的图形文件,后缀为不常用的. vsdx 格式,为了方便非专业人士查看该文件,可以执行“文件”→“另存为”→“浏览”命令,在弹出的“另存为”对话框中,将其“保存类型”设置为“JPEG 文件交换格式(*.jpg)”,单击“保存”按钮即可将该文件保存为.jpg 格式,如图 1-17 所示。



8. 网卡是计算机与()相连的设备。
A. 接口 B. 计算机 C. 网络设备 D. 传输介质
9. 集线器应用于 OSI 参考模型的()。
A. 物理层 B. 数据链路层 C. 网络层 D. 高层
10. 路由器工作于 OSI 参考模型的()。
A. 物理层 B. 数据链路层 C. 网络层 D. 高层

二、填空题

1. 从逻辑功能的角度看,计算机网络由_____子网和_____子网组成。
2. 按照网络所覆盖的范围,网络可分为_____、_____和_____。
3. 根据网络的定义,一个典型的计算机网络主要由_____、_____和_____三大部分组成。
4. 在每块网卡上,都存在着唯一的_____,每个地址是由_____和_____组成的。
5. 交换机的主要性能指标有_____、_____、_____、_____、_____、_____等。

三、简答题

1. 简述计算机网络的定义和组成。
2. 计算机网络可以从哪些方面进行分类?
3. 常见的计算机网络拓扑结构有哪几种? 请简要描述其各自的特征。
4. 简述计算机网络的功能。
5. 集线器的主要功能是什么? 主要应用于什么样的网络?
6. 路由器的基本功能是什么?

模块 2

数据通信基础



知识目标

- ▶ 了解数据通信的基础知识。
- ▶ 了解数据交换技术。
- ▶ 了解数据编码与同步。
- ▶ 了解常见传输介质。



技能目标

- ▶ 掌握数据交换技术的使用。
- ▶ 掌握常见传输介质的特点。
- ▶ 掌握双绞线的制作和使用。

数据通信技术广泛应用于人类社会信息交流的方方面面,如电话、电报、传真等。计算机网络是数据通信系统和计算机系统相结合的产物。数据通信系统负责信息的传输,称为通信子网;计算机系统负责信息的处理,称为资源子网。



2.1 / 数据通信的基础知识

计算机网络中的数据通信是指计算机与计算机或计算机与终端之间的通信,它传送数据的目的不仅仅是交换数据,更主要的是利用计算机来处理数据。可以说数据通信是将快速传输数据的通信技术、数据处理技术、数据加工技术、数据存储技术及计算机技术相结合的产物,从而给用户及时准确的数据。

2.1.1 数据通信的基本概念

所谓数据通信(data communication),就是按照通信协议,利用传输技术在功能单元之间传递数据信息,从而实现计算机与计算机之间、计算机与其终端之间以及其他数据终端设备之间的信息交换而产生的一种通信技术。

为了更好地理解数据通信的功能,下面先介绍数据通信领域中常用的专业术语,信号、数据的类型及表示方式等基础知识。

1. 数据通信领域中的常用专业术语

(1)信息(information)。信息是对客观事物的属性和相互联系特性的表现,它反映了客观事物的存在形式或运动状态。在通信系统中,信息是数据的内容和解释,通信的目的是交换信息,信息的载体可以是声音、图形图像和文字。计算机中的信息是以二进制数1和0表示的,它代表着文字、符号、数码、图像和声音等。

(2)数据(data)。数据是一组有意义的实体,它是信息的载体,是信息的表现形式。

(3)信号(signal)。信号是数据的物理量编码(通常为电磁编码),数据以电磁信号的形式在通信介质上传播。

(4)信源(information source)。信源是通信过程中产生和发送信息的设备。

(5)信宿(information sink)。信宿是通信过程中接收和处理信息的设备。

(6)信道(channel)。信源和信宿之间的通信线路称为信道。

(7)码元(code cell)。在数据通信中常常用时间间隔相同的符号来表示一位二进制数字,这样的时间间隔内的信号称为二进制码元,而这个间隔被称为码元长度。一码元可以携带 n 比特的信息量。



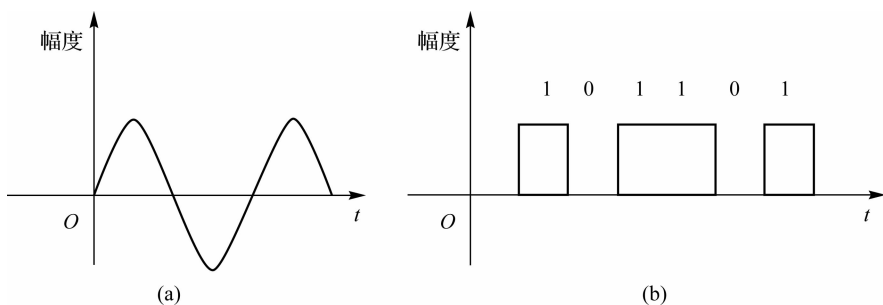
2. 信号的类型及表示方式

(1)信号的类型。按编码机制的不同,信号可以分为模拟信号和数字信号。

①模拟信号(analog signal)。模拟信号是连续变化的电磁波,其取值可以有无限多个,是某种物理量的测量结果,这种信号可以以不同频率在各种通信介质上传输。

②数字信号(digital signal)。数字信号是一系列离散的电磁脉冲,可以使用恒定的正负电压值表示二进制数 1 和 0,这种电磁脉冲可以按不同的数据传输速率 (b/s)在通信介质上传输。

(2)信号的表示方式。模拟信号和数字信号可通过参量(幅度)来表示,如图 2-1(a)和图 2-1(b)所示。



视频
模拟信号与数字信号

图 2-1 模拟信号和数字信号的表示

(a)模拟信号; (b)数字信号

3. 数据的类型及表示方式

数据可以分为模拟数据和数字数据两种。

(1)模拟数据和数字数据的定义。

①模拟数据:指在某个区间内连续变化的数据,如声音、温度和压力都是模拟数据。

②数字数据:指离散的数据。它使用一系列符号表示信息,而每个符号只能取有限的特定值,如文本和整数。

(2)模拟数据和数字数据的表示。

模拟数据和数字数据都可以用模拟信号或数字信号来表示,因而无论信源产生的是模拟数据还是数字数据,在传输过程中都可以使用适合其信道传输的某种信号形式进行传输,如图 2-2 所示。

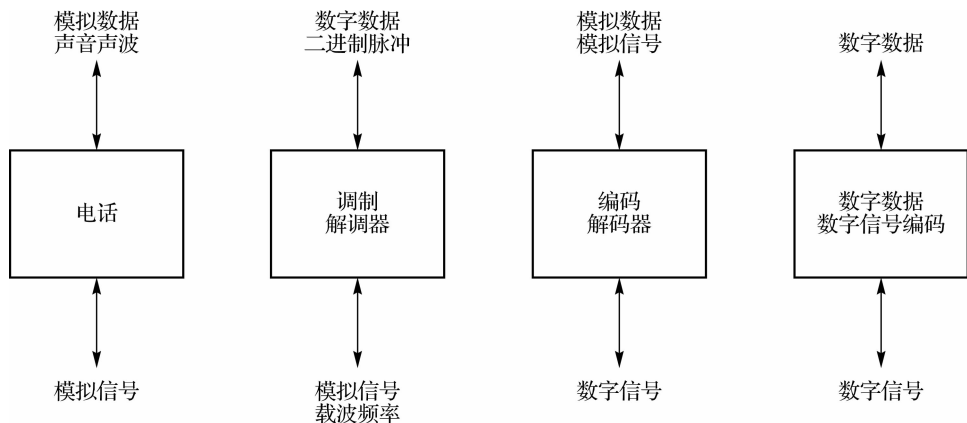


图 2-2 数据的类型及表示方式

模拟数据可以用模拟信号来表示。模拟数据是时间的函数,并具有一定的频率范围,即频带。这种数据可以直接用占有相同频带的电信号,即可用对应的模拟信号来表示,传统的电话网络就是这种应用的例子。

数字数据也可以用模拟信号来表示。例如,调制解调器(modem)可以把数字数据调制成模拟信号,也可以把模拟信号解调成数字数据,拨号上网就是这方面应用的例子。

2.1.2 数据通信系统的模型

数据通信系统是通过数据电路设备(DCE)将远端的数据终端设备(DTE)与计算机系统连接起来,实现数据传输、交换、存储和处理的系统。比较典型的数据通信系统主要由数据终端设备、数据电路设备、计算机系统三部分组成,如图 2-3 所示。

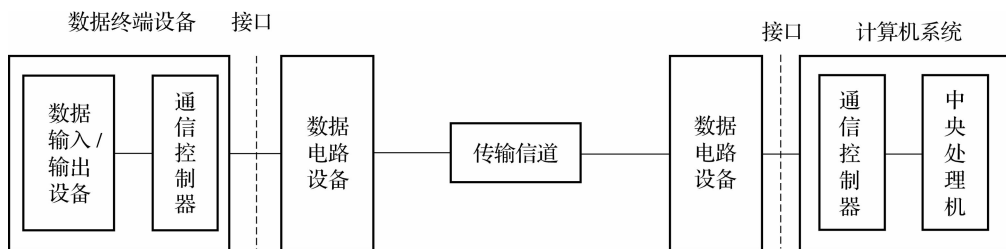


图 2-3 数据通信系统的组成

一个理想的数据通信系统模型要具备三要素,即信源、信道和信宿,如图 2-4(a)所示;而一个现实的通信系统通常由信源、信道、信宿以及噪声组成,如图 2-4(b)所示。

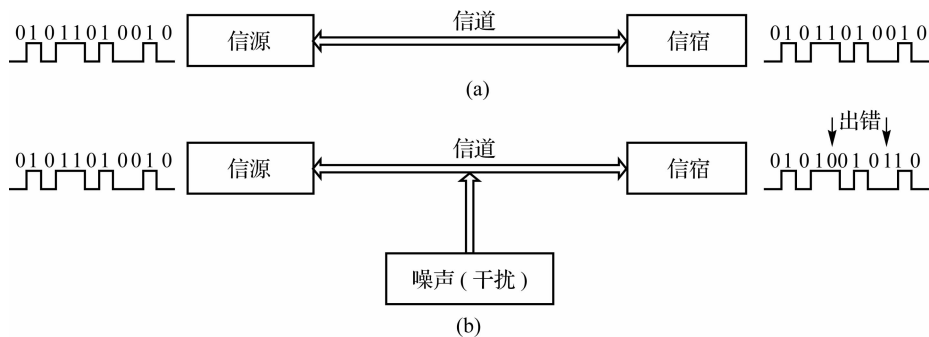


图 2-4 数据通信系统模型

(a)理想状态；(b)实际环境

2.1.3 数据通信系统的性能指标

不同的通信系统具有不同的性能指标,就数据通信系统而言,其性能指标主要包括传输速率、信道带宽、信噪比和误码率。

1. 传输速率

传输速率是指在单位时间内传输的信息量。传输速率分为两种:数据传输速率和码元传输速率。

(1)数据传输速率。数据传输速率(R_b)简称传输率,又称数据速率、比特率,它表示单位时间(每秒)内传输实际信息的比特数,单位为比特/秒,记为 bit/s、b/s、bps。比特在信息理论中作为信息量的度量单位。一般在数据通信中,如果使用 1 和 0 的概率是相同的,则每个 1 和 0 就是一个比特的信息量。如果一个数据通信系统每秒传输 9 600 bit,则它的传输率 $R_b=9\ 600\ \text{b/s}$ 。

(2)码元传输速率。码元传输速率(R_B)简称传码率,又称符号速率、码元速率、波特率、调制速率,它表示单位时间(每秒)内信道上实际传输码元的个数,单位是波特(Baud),常用符号 B 来表示。

(3)码元传输速率与数据传输速率之间的关系。码元传输速率仅仅表示单位时间内传送的码元数目,码元传输速率没有限定这段时间内的码元应具有的信号状态数。而码元信号状态数决定了一个码元所携带的二进制数据量,若码元信号状态数为 2,则它携带 1 位二进制数据;若码元信号状态数为 4,则它携带 2 位二进制数据。所以计算数据传输速率时,必须要考虑一个码元所携带的二进制数据量。

例如,某系统每秒传送 9 600 个码元,则该系统的码元传输速率为 9 600 B。如



果系统是二进制的,则码元具有 2 种状态,它的数据传输速率为 9 600 b/s;如果系统是四进制的,则码元具有 4 种状态,它的数据传输速率为 19.2 Kb/s;如果系统是八进制的,则码元具有 8 种状态,它的数据传输速率为 28.8 Kb/s。由此可见,数据传输速率与码元传输速率之间的关系为

$$R_b = R_B \log_2 N \quad (2-1)$$

式中, N 为码元的进制数,即码元信号状态数。

2. 信道带宽

带宽(band width)通常指信道中传输的信号在不失真的情况下所占用的频带宽度,通常称为信道的通频带。对于模拟信号而言,带宽又称为频宽。带宽的单位是赫兹(Hz)。信道带宽是由信道的物理特性所决定的。例如,电话线路的频率范围为 300~3 400 Hz,则它的带宽为 300~3 400 Hz。

3. 信噪比

信号在传输过程中不可避免地要受到噪声的影响,信噪比是用来描述在此过程中信号受噪声影响程度的量,它是衡量传输系统性能的重要指标之一。信噪比通常是指某一点上的信号功率与噪声功率之比,可用下面的公式表示信噪比:

$$S/N = P_s / P_n \quad (2-2)$$

式中, S/N 是信噪比, P_s 是信号的平均功率, P_n 是噪声的平均功率。有时为了表达方便,使用分贝(dB)来表示信噪比,公式为

$$(S/N)_{\text{dB}} = 10 \lg(P_s / P_n) = 10 \lg(S/N) \quad (2-3)$$

假设 $(S/N)_{\text{dB}} = 30 \text{ dB}$,则 $S/N = 1\ 000$ 。

在非理想环境下,无论采用何种通信设备,在数据传输过程中都将不可避免地出现多种损耗。为此,美国数学家香农(C. E. Shannon)给出了一种计算传输速率上限的方法。香农指出,在热噪声干扰条件下,通信系统的极限传输速率为

$$C = W \log_2 (1 + S/N) \quad (2-4)$$

式中, C 是极限传输速率,单位是 b/s; W 是信道带宽,单位是 Hz; S/N 是信噪比,其中 S 是信号功率, N 为噪声功率。

例如,信道带宽 $W = 3\ 100 \text{ Hz}$,信噪比 $S/N = 2\ 000$,则 $C = 3\ 100 \times \log_2 (1 + 2\ 000) \approx 34 \text{ Kb/s}$,即该信道上的最大数据传输速率不会大于 34 Kb/s。

4. 误码率

误码率是衡量数据通信系统在正常工作情况下的传输可靠性的指标,它定义为二进制数据传输时出错的概率。假设传输的二进制数据总数为 N 位,其中出错的



位数为 N_e ，则误码率表示为

$$P_e = N_e / N \quad (2-5)$$

在计算机网络中，一般要求误码率低于 10^{-6} ，即平均每传输 10^6 位二进制数据仅允许 1 位出错。若误码率达不到这个指标，可以通过差错控制方法进行检错和纠错。

2.1.4 数据传输方式

在计算机网络内部各部件之间以及计算机与计算机之间进行通信时，根据一次传输数据的位数可以将数据传输方式分为并行方式和串行方式两种。并行方式一次传输多位二进制数据，适用于近距离通信；串行方式一次传输一位二进制数据，适用于远距离通信。在计算机网络中串行通信更具有实际意义。

1. 并行通信方式

并行通信传输中有多个数据位，同时在两个设备之间传输。发送设备将这些数据位通过对应的数据线传送给接收设备，还可附加一位数据校验位。接收设备可同时接收到这些数据，不需要做任何变换就可直接使用。并行通信方式的示意图如图 2-5 所示。并行方式主要用于近距离通信，计算机内的总线结构就是并行通信的例子。这种方法的优点是传输速度快，处理简单。

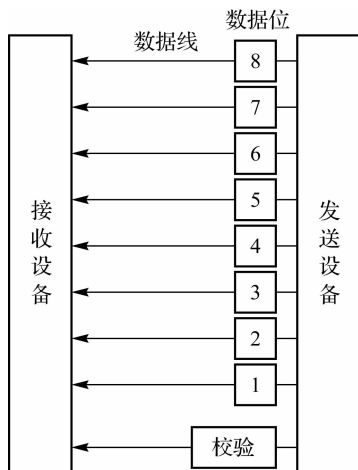


图 2-5 并行通信方式



视频
并行传输

2. 串行通信方式

采用串行通信方式传输数据时，数据是一位一位地在通信线路上传输的，先由具有几位总线的计算机内的发送设备，将几位并行数据经并-串转换设备转换成串



行方式,再逐位经传输线路到达接收设备中,并在接收端将数据从串行方式重新转换成并行方式,以供接收方使用。串行通信方式的示意图如图 2-6 所示。串行通信方式的数据传输速率要比并行通信方式慢得多,但对于覆盖面极其广阔的公用电话系统来说具有更大的实际意义。

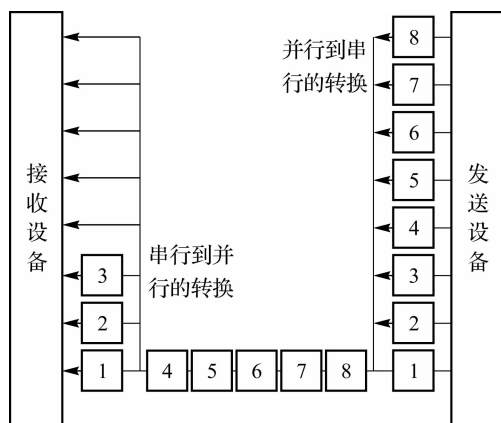


图 2-6 串行通信方式

3. 串行数据通信的方向性结构

串行数据通信的方向性结构有 3 种,即单工(simplex mode)、半双工(half-duplex mode)和全双工(full-duplex mode)。

(1)单工。在单工通信方式中,信号只能沿一个方向传输,任何时候都不能改变信号的传送方向,如图 2-7(a)所示。生活中的广播、电视的信号传输就是采用单工通信方式。

(2)半双工。在半双工通信方式中,允许信号在两个方向上传输,但必须交替进行。在某一时刻,只允许数据在一个方向上传输,它实际上是一种可以切换方向的单工通信方式,如图 2-7(b)所示。对讲机的信号传输就是采用半双工通信方式。

(3)全双工。在全双工通信方式中,信号可以同时两个方向上传输,因此,全双工通信是两个单工通信方式的结合,它要求发送设备和接收设备都具有独立的接收和发送能力,如图 2-7(c)所示。打电话时的信号传输就是采用全双工通信方式。



视频

串行传输

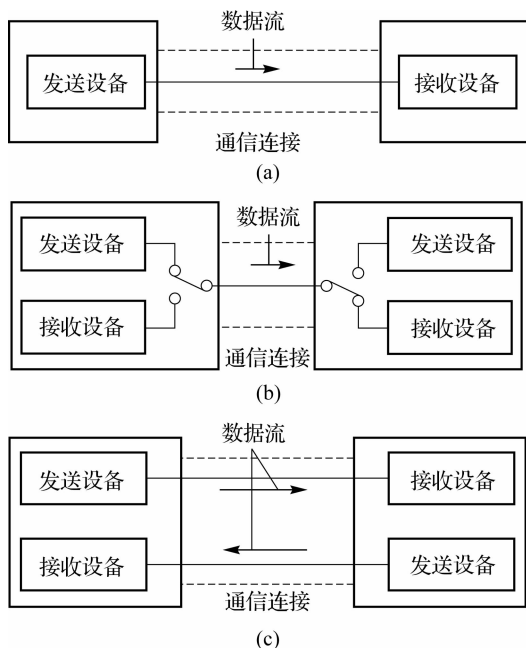


图 2-7 串行数据通信的方向性结构

(a)单工；(b)半双工；(c)全双工

2.2 / 数据交换技术

数据在通信线路上传输的最简单的形式是：在两个用某种类型的传输介质直接连接的设备之间进行通信。但是直接连接两个设备常常是不现实的，一般通过有中间节点的网络把数据从源地发送到目的地，以实现通信。这些中间节点并不关心数据内容，目的是提供一个交换设备。用这个交换设备把数据从一个节点传送到另一个节点，直至到达目的地。

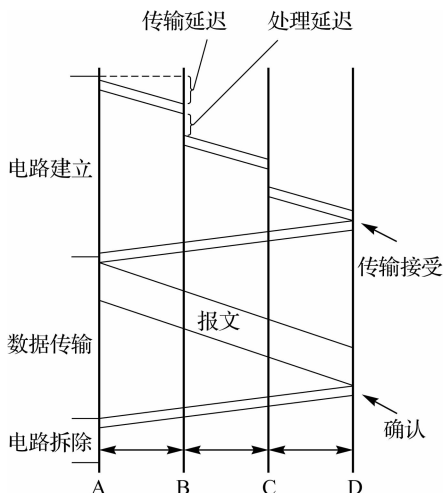
2.2.1 电路交换

电路交换(circuit switching)也称为线路交换，是一种直接的交换方式。它为一对需要进行通信的节点之间提供一条临时的专用传输通道，这条专用传输通道既可以是物理通道又可以是逻辑通道(使用时分复用技术或频分复用技术)。这条通道是由节点内部电路对节点间传输路径经过适当选择、连接而完成的，是一条由多个节点和多条节点间传输路径组成的链路。



1. 电路交换的 3 个过程

电路交换分为电路建立、数据传输、电路拆除 3 个过程,电路交换时序图如图 2-8 所示。



视频

电路交换的
三个阶段

图 2-8 电路交换时序图

(1)电路建立。在传输任何数据之前,要先经过呼叫过程建立一条端到端的电路。如果 A 站要与 D 站连接,典型的做法是, A 站先向与其相连的 B 站提出请求,然后 B 站在通向 D 站的路径中找到下一个支路。例如, A 站选择经 B 站的电路,在此电路上分配一个未用的通道,并告诉 B 站它还要连接 D 站; B 站再呼叫 C 站,建立电路 BC,最后 C 站完成到 D 站的连接。这样 A 站与 D 站之间就有一条专用电路 ABCD,用于 A 站与 D 站之间的数据传输。

(2)数据传输。电路 ABCD 建立以后,数据就可以从 A 站发送到 B 站,再由 B 站呼叫 C 站交换到 D 站, D 站也可以经 C 站、B 站向 A 站发送数据。在整个数据传输过程中,所建立的电路必须始终保持连接状态。

(3)电路拆除。数据传输结束后,由某一方(A 站或 D 站)发出拆除请求,然后逐节点拆除到对方节点。

2. 电路交换的优缺点

(1)电路交换的优点:数据传输可靠、迅速,数据不会丢失且保持原来的序列。

(2)电路交换的缺点:在数据传输之前必须先建立一条专用通道,在通道拆除之前,一直由一对用户完全占用;对于猝发式的通信,交换效率不高。因此,该技术适用于系统间要求高质量传输大量数据的情况。

2.2.2 报文交换

当端点间交换的数据具有随机性和突发性时,采用电路交换会造成信道容量和有效时间的浪费。采用报文交换(message switching)则不存在这种问题。报文交换是一种存储-转发交换方式。在这种方式中,一个节点接收一个报文,并将接收的报文存储在交换机的存储器中,直到合适的路径处于空闲状态,然后沿这条路径将报文发送出去。由于在一次报文的接收和发送之间不存在直接的链路,因此存储-转发被认为是一种交换技术。

1. 报文交换的原理

报文交换方式的数据传输单位是报文,报文就是站点一次性要发送的数据块,其长度不限且可变。当一个站点要发送报文时,它将一个目的地址附加到报文上,网络节点根据报文上的目的地址信息,把报文发送到下一个节点,逐节点地传送到目的节点。

每个节点在收到整个报文并检查无误后,就暂存该报文,然后利用路由信息找出下一个节点的地址,再把整个报文传送给下一个节点。因此,端与端之间无须预先通过呼叫建立连接。

一个报文在每个节点的延迟时间等于接收报文所需的时间与向下一个节点转发所需的排队延迟时间之和。报文交换时序图如图 2-9 所示。

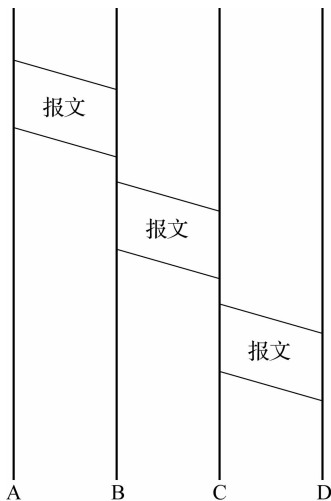


图 2-9 报文交换时序图



2. 报文交换的优点

(1) 报文交换不需要为通信双方预先建立一条专用的通信线路,不存在连接建立延时,用户可随时发送报文。

(2) 由于报文交换技术采用存储-转发的传输方式,在报文交换中便于设置代码检验和数据重发设施,加之交换节点还具有路径选择功能,就可以做到某条传输路径发生故障时,重新选择另一条路径传输数据,提高了传输的可靠性;在存储-转发中容易实现代码转换和速率匹配,甚至收发双方可以不同时处于可用状态,这样就便于类型、规格和速度不同的计算机之间进行通信;提供多目标服务,即一个报文可以同时发送到多个目的地址,这在电路交换中是很难实现的;允许建立数据传输的优先级,使优先级高的报文优先交换。

(3) 通信双方不是固定占有一条通信线路,而是在不同的时间一段一段地部分占有这条物理通路,因而大大提高了通信线路的利用率。

3. 报文交换的缺点

(1) 数据进入交换节点后要经历存储-转发这一过程,从而引起转发延时(包括接收报文、检验正确性、排队、发送时间等),而且网络的通信量越大,造成的延时就越大。因此,报文交换的实时性差,不适合传送实时或交互式业务的数据。

(2) 报文交换只适用于数字信号。

(3) 由于报文长度没有限制,而每个中间节点都要完整地接收传来的整个报文,当输出线路不空闲时,还可能要存储几个完整报文等待转发,这就要求网络中的每个节点都有较大的缓冲区。为了降低成本,减少节点的缓冲存储器的容量,有时要把等待转发的报文存储在磁盘上,这样就进一步增加了传送延时。

2.2.3 分组交换

分组交换(packet switching)是报文交换的一种改进,它将报文分成若干分组,每个分组的长度有一个上限,有限长度的分组使得每个节点所需的存储能力降低了,分组可以存储到内存中,这样就提高了交换速度,适用于交互式通信,如终端与主机的通信。分组交换是计算机网络中使用最广泛的一种交换技术,有虚电路分组交换和数据报分组交换两种。



1. 虚电路分组交换

在虚电路分组交换中,为了进行数据传输,网络的源节点和目的节点之间要先建立一条逻辑通路。每个分组除了包含数据外,还包含一个虚电路标识符,用于标识这个虚电路。

在虚电路分组交换方式中,数据传输过程与电路交换方式类似,也是分成3个阶段,即建立连接、数据传输和拆除连接,其时序图如图2-10(a)所示。

(1)建立连接。源节点在发送数据分组之前,首先使用建立连接请求建立一条逻辑连接,网络中间节点将根据该请求在源节点和目的节点之间预先选择一条传输路径。由于该路径上的各段线路是共享而非独占,这种逻辑连接称为虚电路。

(2)数据传输。当虚电路建立起来后,源节点和目的节点之间便可以在这条虚电路上交换数据,并且每个数据分组中都必须包含一个虚电路标识符。由于虚电路的传输路径是预先选择好的,每个中间节点只要根据虚电路标识符就能查找到相应的路径,然后传输数据分组,而无须重新选择路由。

(3)拆除连接。当数据传输完毕后,其中的任何一个节点都可以发出拆除连接请求分组,终止这个虚电路。

虚电路分组交换的主要特点是在数据传送之前必须通过虚呼叫建立一条虚电路,但并不像电路交换那样有一条专用通路,分组在每个节点上仍然需要缓冲,并在线路上排队等待输出。

2. 数据报分组交换

数据报分组交换与报文交换类似,只不过是把报文分成若干组,分组的长度由网络决定。在数据报分组交换中,每个分组的传送是单独进行处理的。每个分组称为一个数据报,每个数据报自身携带足够的地址信息。一个节点收到一个数据报后,根据数据报中的地址信息和节点所存储的路由信息,找出一个合适的路由,把数据报直接发送到下一节点。

各数据报所走的路径不一定相同,因此,这种方式不能保证各个数据报都能按顺序到达目的地,有的数据报甚至会中途丢失。数据报分组交换时序图如图2-10(b)所示,在整个交换过程中,没有虚电路建立,但要为每个数据报做路由选择。

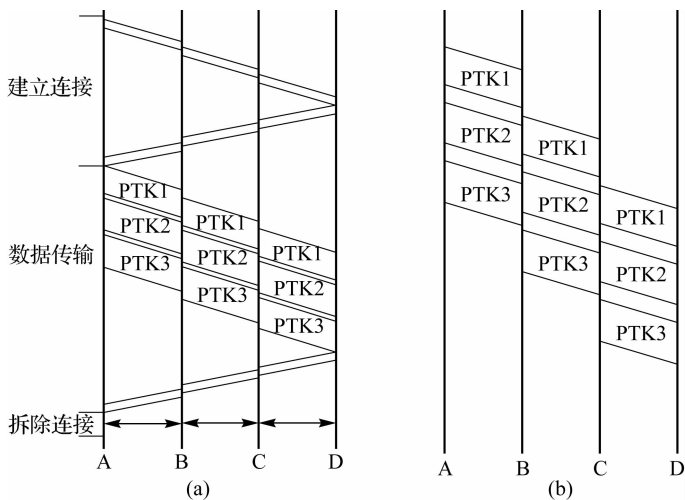


图 2-10 分组交换时序图

(a)虚电路分组交换时序图；(b)数据报分组交换时序图

2.2.4 三种交换技术的比较

1. 三种交换技术的适用场景

- (1)数据报分组交换适用于短报文交换,虚电路分组交换适用于长报文交换。
- (2)当两节点间的负载较重且持续时间较长时,租用线路、采取电路交换的方式是很合算的。
- (3)在交互性要求较高的场合下,报文交换是不合适的。
- (4)分组交换技术在局域网和公用数据网中都有很多应用。在局域网中,源端与目的端间只有一条单一的直接通路,因此不需要路由选择和交换功能,而这在公用数据网中是必需的。电路交换技术在局域网中也有应用,而报文交换不满足实时和交互要求,在局域网中很少应用。

2. 三种交换技术总结

三种交换技术的比较如图 2-11 所示。

(1)电路交换。在数据传送之前需要建立一条物理通路,在线路被释放之前,该通路将一直被一对用户完全占有,如图 2-11(a)所示。

(2)报文交换。报文从发送方传送到接收方采用存储-转发的方式。在传送报文时,只占用一段通路(在交换节点中需要缓冲存储,报文需要排队),因此,这种方式不满足实时通信的要求,如图 2-11(b)所示。



(3)分组交换。此方式与报文交换类似,但报文被分成组传送,并规定了分组的最大长度,到达目的地后需要重新将分组组装成报文。这是网络中采用最广泛的一种交换技术,如图 2-11(c)所示。

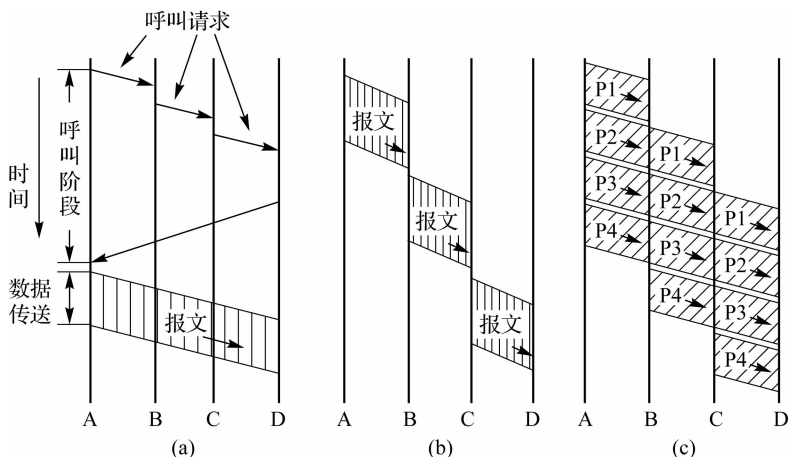


图 2-11 三种交换技术的比较

(a)电路交换; (b)报文交换; (c)分组交换

三种数据交换技术各有特点,对于实时性强的交互式传输,电路交换最合适,不宜采用报文交换;对于网络中较轻的或间歇式负载,报文交换较合适;对于中等或稍重的负载,分组交换有较好的效果。

2.3 / 数据编码与同步

在数据通信系统中,不同的数据可以在不同的通信信道中传输。将数据转换成相应的信号码元的过程称为数据编码,通常有 3 种数据编码方法,即数字数据的模拟信号编码、数字数据的数字信号编码和模拟数据的数字信号编码。

2.3.1 数字数据的模拟信号编码

为了利用廉价的公共电话交换网实现计算机之间的远程通信,必须将发送端的数字信号转换成能够在公共电话网上传输的音频信号,经传输后再在接收端将音频信号逆转换成对应的数字信号。实现数字信号与模拟信号相互转换的设备称为调制解调器。调制解调器在远程通信系统中的应用如图 2-12 所示。

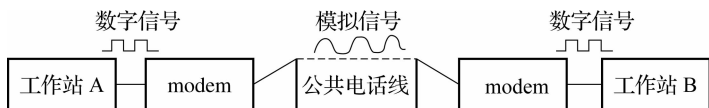


图 2-12 调制解调器在远程通信系统中的应用

在远程通信系统中的应用模拟信号传输的基础是载波,载波具有三大要素:幅度、频率和相位。数字数据可以针对载波的不同要素或它们的组合进行调制。

1. 数字调制的基本形式

数字调制的基本形式有移幅键控法(ASK)、移频键控法(FSK)和移相键控法(PSK)三种。采用这三种方法对二进制数 10110010 调制的波形时序图如图 2-13 所示。

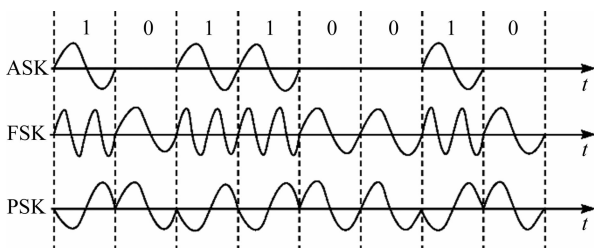


图 2-13 数字调制三种基本形式的波形时序图

(1)ASK。在 ASK 形式下,用载波的不同幅度来表示二进制的两种状态。ASK 方式容易受增益变化的影响,是一种低效的调制技术,在电话线路上,通常能达到 1 200 b/s 的速率。

(2)FSK。在 FSK 形式下,用载波频率附近的两种不同频率来表示二进制的两种状态。在电话线路上,使用 FSK 可以实现全双工操作,通常可达到 1 200 b/s 的速率。

(3)PSK。在 PSK 形式下,用载波信号相位移来表示数据。PSK 可以使用二相或多于二相的相移,利用这种技术,可以对传输速率起到加倍的作用。

提示:由 PSK 和 ASK 结合的相位幅度调制方式 PAM 是解决相移数已达到上限但还要提高传输速率的有效方法。

2. 公共电话交换网中使用调制解调器的必要性

公共电话交换网是一种频带模拟信道,音频信号频带为 300~3 400 Hz,而数字信号带宽为零至几千兆赫兹。若不加任何措施,利用模拟信道来传输数字信号,必定出现极大的失真和差错。因此,要想在公共电话交换网上传输数字数据,必须将

数字信号带宽变换成公共电话交换网所允许的音频信号频带范围 300~3 400 Hz。

2.3.2 数字数据的数字信号编码

利用数字通信信道直接传输数字信号的方法称为数字信号的基带传输,而数字数据在传输之前,需要进行数字信号编码。数字数据的数字信号编码是为了解决如何把数字数据用物理信号(如电信号)的波形表示的问题。通常可以用许多不同形式的电信号的波形来表示数字数据。数字信号是离散的、不连续的电压或电流的脉冲序列,每个脉冲序列代表一个信号单元(码元)。这里主要讨论二进制的数字信号,即用码元的两种状态分别表示二进制数字符号 1 和 0。数字数据的编码方式有 3 种:不归零码、归零码和曼彻斯特编码。

1. 不归零码

不归零(non-return to zero, NRZ)码的特点是,在一个码元周期内电平保持不变,电脉冲之间无间隔。不归零码可分为单极性不归零码和双极性不归零码两种。

(1)单极性不归零码。单极性不归零码用电压表示,0 表示无电压,1 表示恒定正电压,每个码元时间的中间点是采样时间,判决门限为半幅电平,如图 2-14(a)所示。

(2)双极性不归零码。双极性不归零码用电流表示,1 码和 0 码都有电流,1 码为正电流,0 码为负电流,正和负的幅度相等,判决门限为零电平,如图 2-14(b)所示。

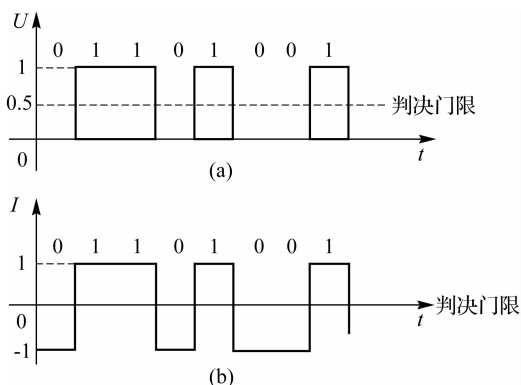


图 2-14 不归零码

(a)单极性不归零码; (b)双极性不归零码



2. 归零码

归零(return to zero, RZ)码的特点是只在码元周期内持续一段时间的高低电平,其余时间则为零电平,相邻脉冲之间必定留有零电平的间隔。归零码可分为单极性归零码和双极性归零码两种。

(1)单极性归零码。无电压(也就是无电流)用0来表示,而恒定的正电压用1来表示。每一个码元时间的中间点是采样时间,判决门限为半幅电平(0.5)。也就是说接收信号的值在0.5与1.0之间就判为1码,在0与0.5之间就判为0码,如图2-15(a)所示。

(2)双极性归零码。1码和0码都有电流,但1码是正电流,0码是负电流,正和负的幅度相等,故称为双极性归零码。此时的判决门限为零电平,接收端使用零判决器或正负判决器,接收信号的值若在零电平以上为正,判为1码;若在零电平以下为负,判为0码,如图2-15(b)所示。

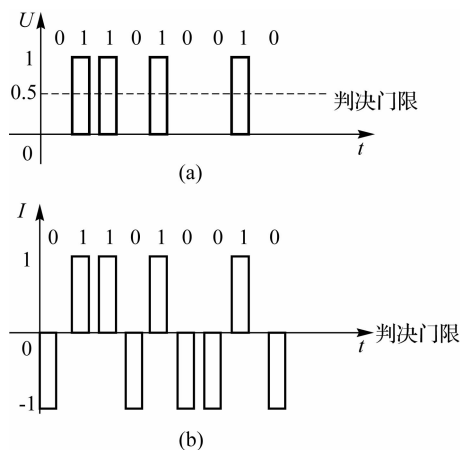


图 2-15 归 零 码

(a)单极性归零码; (b)双极性归零码

3. 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码是一种自同步编码方法,自同步编码方法是指能从数据信号波形中提取同步信号的方法。曼彻斯特编码常用于以太网传输,另外还有差分曼彻斯特编码,常用在 FDDI 中。

(1)曼彻斯特编码。每一位的中间都有一次跳变,该跳变既作为时钟信号,又作为数据信号;从高到低跳变表示1,从低到高跳变表示0。

(2)差分曼彻斯特编码。每一位中间的跳变仅提供时钟定时,而用每位开始时,



有跳变为 0,无跳变为 1。

曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码的时序图如图 2-16 所示。

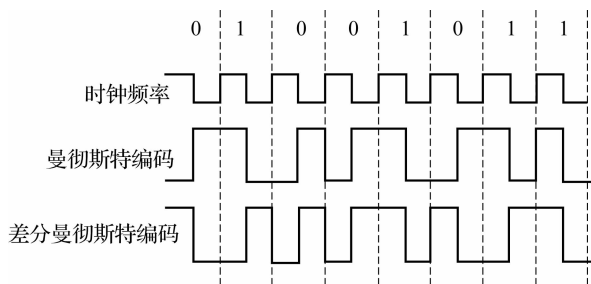


图 2-16 曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码时序图

两种编码都是将时钟和数据包含在数据流中,在传输代码信息的同时,也将时钟同步信号一起传输给对方,每位编码中都有一个跳变,不存在直流分量,因此具有自同步能力和良好的抗干扰性能。但每一个码元都被调成两个电平,所以数据传输速率只有调制速率的 1/2,即编码效率为 50%。

2.3.3 模拟数据的数字信号编码

在数字化的电话交换和传输系统中,通常要先将模拟的语音数据通过编码转换成数字信号后再进行传输。这里主要介绍一种模拟数据数字化技术——脉码调制 (pulse code modulation, PCM)。

1. 脉码调制概念

脉码调制是以采样定理为基础,对连续变化的模拟信号进行周期性采样,利用大于等于有效信号最高频率或其带宽两倍的采样频率,通过低通滤波器从这些采样中重新构造出原始信号。采样定理的公式为

$$F_s \geq 2F_{\max} \text{ 或 } F_s \geq 2B_s \quad (2-6)$$

式中, F_s 为采样频率, $F_s = 1/T_s$ (T_s 为采样周期); F_{\max} 为原始信号的最高频率; B_s 为原始信号的带宽, $B_s = F_{\max} - F_{\min}$ (F_{\min} 为原始信号的最低频率)。

2. 模拟信号数字化的步骤

PCM 对模拟信号的数字化分为 3 个步骤,如图 2-17 所示。

(1) 采样。以采样频率 F_s 把模拟信号的值采出,把模拟信号变换成时间上离散的抽样信号,即用一系列在时间上等间隔出现的脉冲调幅信号来代替原来的模拟信号。

(2) 量化。使连续模拟信号变为时间轴上的离散值,量化就是将采样点处测得



的信号幅值分级取整的过程。

(3)编码。将量化后的整数值用二进制数表示。

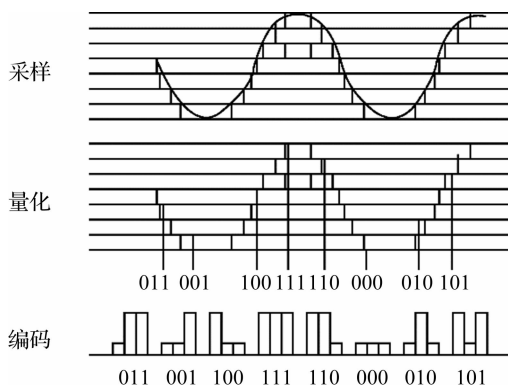


图 2-17 模拟信号数字化的步骤

图 2-17 中把模拟信号的最大可能幅值等分为 8 级,则每个样本要用 3 位二进制数表示,编码后得到的脉码为 011001100111110000010101。

2.3.4 多路复用技术

多路复用(multiplexing)技术就是把许多单个的信号放在一个信道上同时传输的技术。频分多路复用(frequency division multiplexing, FDM)和时分多路复用(time division multiplexing, TDM)是两种最常用的多路复用技术。

1. 频分多路复用

在物理信道的可用带宽超过单个原始信号所需带宽的情况下,可将该物理信道的总带宽分割成若干个与传输单个信号带宽相同(或略宽)的子信道,每个子信道传输一路信号,这就是频分多路复用。

多路原始信号在频分多路复用前,要先通过频谱搬移技术将各路信号的频谱搬移到物理信道频谱的不同段上,使各信号的带宽不相互重叠,然后用不同的频率调制每一个信号,每个信号需要一个以它的载波频率为中心的通道。为了防止互相干扰,信道上使用保护带来隔离每一个通道。频分多路复用的原理如图 2-18 所示。



图 2-18 频分多路复用



视频
多路复用技术



视频
频分多路复用



2. 时分多路复用

若传输介质能达到的位传输速率超过传输数据所需的数据传输速率,可采用时分多路复用技术,即将一条物理信道按时间分成若干个时间片轮流分配给多个信号使用。每一个时间片由复用的一个信号占用,这样,利用每个信号在时间上的交叉,就可以在一条物理信道上传输多个数字信号。

时分多路复用不仅仅能传输数字信号,还可以同时交叉传输模拟信号。时分多路复用的原理如图 2-19 所示。

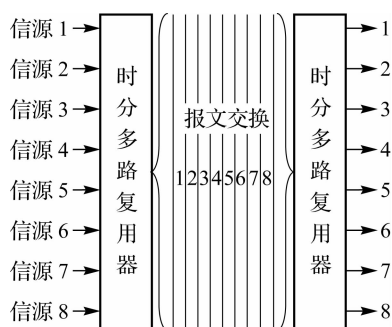


图 2-19 时分多路复用

3. 波分多路复用

波分多路复用(wavelength division multiplexing, WDM)实际上是频分多路复用的一个变种。它除了复用和解复用以及采用光纤作为传输介质以外,在概念上与频分多路复用相同,但它比频分多路复用更有效。在波分多路复用中,两根光纤连接到一个棱柱或光栅上,每根光纤的能量处于不同的波段。两束光信号通过棱柱或光栅,合成到一根共享光纤上,传送到远方的目的地,然后将它们分解开来。波分多路复用的原理如图 2-20 所示。



图 2-20 波分多路复用

2.3.5 同步和异步通信

在数据通信系统中,当发送端与接收端采用串行通信时,通信双方要交换数据,



就需要有高度的协同动作,要求彼此间传输数据的速率、每个比特的持续时间和间隔都必须相同,这就是同步问题。同步就是要接收方按照发送方发送的每个码元/比特的起止时间和速率来接收数据,否则收发之间会产生误差,即使是很小的误差,随着时间增加而逐步累积,也会造成传输数据出错。

实现收发之间同步的技术是数据传输中的关键技术之一,通常使用的同步技术有异步传输方式和同步传输方式两种。

1. 异步传输

异步传输的工作原理是:每传送 1 个字符(7 位或 8 位)都要在这个字符码前加 1 位起始位“0”,以表示字符代码的开始;在字符代码和校验码后面加 1 位、1.5 位或 2 位停止位“1”,表示字符结束。接收方根据 1 至 0 的跳变来判断一个新字符的开始,从而起到通信双方同步的作用。

异步传输方式的实现比较容易,但每传输一个字符都需要多使用 2~3 位冗余位,所以适合低速通信。图 2-21 所示是采用异步传输方式发送数据 00110110 的示意图。

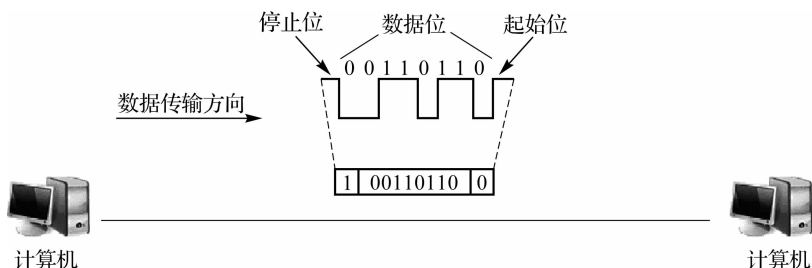


图 2-21 异步数据传输

异步传输的特点如下:

- (1) 每个字符作为一个独立的整体进行传送。
- (2) 字符之间的时间间隔是任意的。
- (3) 每传输一个字符都需要另外使用 2~3 位冗余位,增加了通信的开销,适合低速通信。

2. 同步传输

同步传输方式的信息格式是一组字符或一个二进制位组成的数据块(帧)。对于这些数据,不需要附加起始位和停止位,而是在发送一组字符或数据块之前先发送一个同步字符 SYN(以 00010110 表示)或一个同步字节(以 01111110 表示),用于接收方进行同步检测,从而使收发双方进入同步状态。在同步字符或字节之后,可



以连续发送任意多个字符或数据块,发送数据完毕后,再使用同步字符或字节来标识整个发送过程的结束。

在同步传输时,由于发送方和接收方将整个字符组作为一个单位传送,且附加位又非常少,数据传输的效率得到提高。所以这种方法一般用在高速传输数据的系统中,如计算机之间的数据通信。同步传输方式的原理如图 2-22 所示。

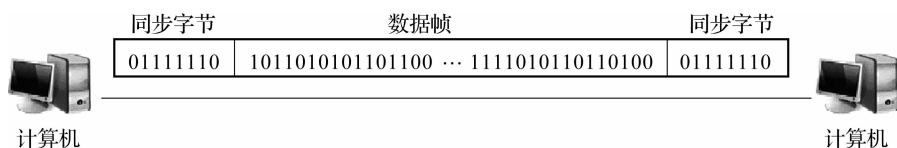


图 2-22 同步数据传输

(1)同步传输中的位同步。同步传输方式要求收发双方之间的时钟严格同步,而使用同步字符或同步字节,只能同步接收数据帧。只有保证接收端接收的每一比特都与发送端发送的每一比特保持一致,接收方才能正确接收数据,这就要使用位同步的方法。对于位同步,可以使用一个额外的专用信道发送同步时钟保持收发双方同步,也可以使用编码技术将时钟编码到数据中,接收端接收数据的同时获取同步时钟。两种方法相比,后者的效率更高,使用更为广泛。

(2)同步通信的特点。由于每次只传输一个数据帧,用于同步的通信开销小,所以传输效率高。因为既要保证收发双方之间的时钟同步,又要保证数据的正确传输,所以同步通信对传输设备的要求较高。

2.4 / 网络传输介质

为了实现数据通信,必须将原始的比特流从一台主机传输到另一台主机。有多种物理介质可以应用于实际传输,每一种物理介质在带宽、延迟、成本及安装维护的难度上都不相同,在不同的应用场合应选择不同的物理传输介质。

2.4.1 双绞线

无论对于模拟信号还是数字信号,也无论对于广域网还是局域网,双绞线都是最常用的传输介质。双绞线电缆由外包坚韧护套的若干对双绞线组成。双绞线由按规则螺旋结构排列的 2 根、4 根或 8 根绝缘导线组成,导线扭合在一起可以使各线



之间的电磁干扰最小。

双绞线传输速率一般在几兆位/秒(Mb/s)至 10 兆位/秒之间。当其用于远程中继线时,最大距离可达 15 km,用于 10 Mb/s 局域网时,与集线器的距离最大为 100 m。双绞线既可以用于点对点连接,也可以用于多点连接,一般用于近距离的点对点连接。双绞线的优点是价格低于其他传输介质,且安装、维护方便。

1. 双绞线的分类

双绞线可以分为两大类,即非屏蔽双绞线(unshielded twisted pair,UTP)和屏蔽双绞线(shielded twisted pair,STP)。

(1)非屏蔽双绞线。非屏蔽双绞线是将一对或多对双绞线线对(常用 4 对)放入一个绝缘套管内,不存在物理的电气屏蔽,易受外部干扰,其价格较低。

(2)屏蔽双绞线。屏蔽双绞线对来自电缆外部的电磁干扰较非屏蔽双绞线有更强的抵御能力,适合于恶劣的环境或对保密性要求较高的环境,但屏蔽双绞线的价格因此也较高。

通常双绞线电缆由 2 对或 4 对双绞线组成。普通的电话线就是由 2 对双绞线构成的非屏蔽双绞线电缆,网络中使用的电缆通常由 4 对双绞线组成。双绞线电缆可以分为 5 个类别,如表 2-1 所示。

表 2-1 双绞线的类别

类 别	性 能
1 类	适用于进行声音传输,不适用于进行数据传输
2 类	可传送 1 Mb/s 的声音或数据,但当前网络结构的速度远高于此,所以 2 类电缆不适用于网络
3 类	可传送 10 Mb/s 的声音或数据,一般用于 10 Base-T 网络中
4 类	可用于 16 Mb/s 令牌环网或大型 10 Base-T 网络中
5 类	可用于 100 Mb/s 的高速网络中

各类双绞线向后兼容。例如,安装需要 3 类电缆的网络,也可以使用 4 类或 5 类电缆。但如果要把网络改建成高速网络,则可能要更换原有的电缆系统,以适应高速传输数据的需要。

随着技术的发展,双绞线被分为更多的类别,简单列举如下:

(1)超 5 类。现在布线中经常出现超 5 类双绞线的概念,其实质是一个非屏蔽双绞线布线系统。通过对它的链接和信道性能的测试表明,它超过第 5 类线标准的



要求,与普通的第 5 类 UTP 比较,其信号衰减更小,串扰更少,传输性能得到了很大提高。

(2)6 类。2002 年 6 月,在美国通信工业协会(TIA)TR-42 委员会的会议上,正式通过了 6 类布线标准。6 类布线标准对 100 Ω 平衡双绞线、连接硬件、跳线、信号和永久链路做了具体要求,它提供高于超 5 类 2 倍的带宽,改善了在串扰及回波损耗方面的性能。6 类布线的传输性能远远高于超 5 类标准,最适用于传输速率高于 1 Gb/s 的网络,它为组建高速网络提供了便利。

(3)7 类。7 类标准是一套在 100 Ω 双绞线上支持 600 Mb/s 带宽传输的布线标准。与 4 类、5 类、超 5 类和 6 类相比,7 类具有更高的传输带宽。

目前计算机网络综合布线使用最多的是 5 类、超 5 类和 6 类双绞线。它们必须配有支持屏蔽功能的特殊连接器和相应的安装技术。

2. 双绞线的特性

双绞线除了前面提到的物理特性,还具有以下几种特性。

(1)传输特性。既可用于传输模拟信号,也可用于传输数字信号。例如,早期电话系统以及目前电话系统中的用户环路部分就是采用双绞线进行声音的模拟信号传输;而电话系统中的 T1 线路是采用双绞线传输数字信号,总的数据传输速率可达 1 544 Mb/s。

(2)连通性。主要用于点到点连接,也可用于多点连接。

(3)地理范围。双绞线可以很容易地在 15 km 或更大范围内提供数据传输。例如,在 100 Kb/s 速率下的传输距离可达 1 km。但是在 10 Mb/s 或 100 Mb/s 速率下的 10 Base-T 和 100 Base-T 局域网中,传输距离不能超过 100 m。

(4)抗干扰性。低频传输时,双绞线的抗干扰性高于同轴电缆,而在 10~100 kHz 时,则低于同轴电缆。

(5)价格。在有线介质中,双绞线的相对价格最便宜。

3. 双绞线的连接

(1)RJ-45 接头。在制作网线时,要用到 RJ-45 接头,俗称水晶头,如图 2-23 所示。RJ-45 接头由金属片和塑料构成,制作网线所需要的 RJ-45 接头前端有 8 个凹槽,简称 8P(position,位置),凹槽内的金属触点共有 8 个,简称 8C(contact,触点),因此,RJ-45 接头在业界又有 8P8C 的别称。



图 2-23 RJ-45 接头

双绞线的两端都必须都安装水晶头,以便插在网卡、集线器或交换机的 RJ-45 接口上。特别需要注意 RJ-45 接头的引脚序号,RJ-45 接头 8 个引脚的识别方法是,当金属片朝上时,从左至右,引脚序号分别为 1~8,引脚序号对于网络的连线非常重要,不能弄错。

(2)连接方式。双绞线的接法要符合相应的标准,目的是保证线缆接头布局的对称性,从而使接头内线缆之间的干扰相互抵消。双绞线有两种接法:EIA/TIA-568A 标准和 EIA/TIA-568B 标准,如图 2-24 所示。

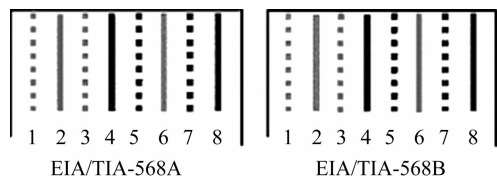


图 2-24 EIA/TIA-568 布线标准

EIA/TIA-568A 标准:绿白—1,绿—2,橙白—3,蓝—4,蓝白—5,橙—6,棕白—7,棕—8。

EIA/TIA-568B 标准:橙白—1,橙—2,绿白—3,蓝—4,蓝白—5,绿—6,棕白—7,棕—8。

由此可以看出,将 A 类 8 根线的 1 与 3,2 与 6 位置调换即变成 B 类线的线序,EIA/TIA-568A 与 EIA/TIA-568B 标准的关系就是平常所说的正线与反线。事实上,在 EIA/TIA-568B 标准中,10 Mb/s 以太网的网线只使用 1、2、3、6 编号的芯线传输数据,即 1、2 用于发送,3、6 用于接收,4、5、7、8 是双向线。按颜色来说,在 EIA/TIA-568B 标准中,橙白、橙两条用于发送;绿白、绿两条用于接收。

根据网线两端连接网络设备的不同,网线又分为直通线和交叉线两种。直通线就是按前面介绍的 EIA/TIA-568A 标准或 EIA/TIA-568B 标准制作的网线。而交叉线的线序在直通线的基础上做了一点改变,就是在线缆的一端把 1、3 引脚和 2、6



引脚对调,另一端保持原样(直通线序)。

直通线用于主机和交换机,集线器、路由器和交换机以及集线器之间的连接。交叉线用于交换机和交换机、主机和主机、集线器和集线器、集线器和交换机、主机和路由器之间的直连。有的交换机和路由器已经带有智能分辨功能,所以直通线和交叉线都可以正常使用。为了保持最佳的兼容性,一般采用 EIA/TIA-568B 标准来制作网线。

平时制作网线时,如果不按标准连接,虽然有时线路也能接通,但是线路内部各线对之间的干扰不能有效消除,从而导致信号传送出错率升高,最终影响网络的整体性能。只有按标准连接,才能保证网络的正常运行,也会给后期的维护工作带来便利。

级联网线长度不应超过 100 m,路由器的级联不应超过 4 级。因交叉线较少用到,故应做特别标记,以免日后误作直通线使用,造成线路故障。最后需对线路进行通断测试,用 RJ-45 测线仪测试时,4 个绿灯应依次闪烁。软件测试线路通断最常用的办法就是用 ping 命令,如果工作站得到服务器的响应,则表明线路和网络协议正常,而这是网络应用软件能正常工作的基础。

双绞线一般用于星型网的布线连接,两端安装有 RJ-45 接头,连接网卡与集线器,最大网线长度为 100 m。如果要加大网络的范围,可在两段双绞线之间安装中继器,最多能安装 4 个中继器。如果安装 4 个中继器连接 5 个网段,最大传输范围可达 500 m。

2.4.2 无线传输介质

有线网络在某些场合不适用,如汽车、轮船、飞机等移动目标无法使用有线网络,在湖泊、江河间架线也相当困难。这时应当采用无线传输介质进行通信。随着便携式计算机的普及,无线局域网的应用将越来越广泛。

1. 常用的无线传输介质

无线通信使用特定频率的电磁波作为传输介质,可以避免有线介质的限制,组成无线局域网。

(1)无线电短波通信。在一些电缆光纤难以通过,施工困难的场合,如高山、湖泊或岛屿等,即使在城市中挖开马路铺设电缆光纤,有时也很不划算,特别是通信距离很远、对通信安全性要求不高的地方,铺设电缆或光纤既昂贵又费时。若利用无



无线电波等无线传输介质在自由空间传播,就会有较大的机动性和灵活性,可以轻松实现多种通信,其抗自然灾害能力和可靠性也较高。

(2)蜂窝无线通信。蜂窝无线通信主要用于移动通信。早期的移动通信系统采用大区制的强覆盖模式,即建立一个无线电台基站,架设很高的天线塔,使用很大的发射功率,覆盖范围可以达到30~50 km。大区制的优点是结构简单,不需要交换,但频道数量较少,覆盖范围有限。为了提高覆盖区域的系统容量和充分利用频率资源,提出了小区制的概念。

所谓小区制是指将一个大区制覆盖的区域划分成多个小区,每个小区中设立一个基站,通过基站在本区的用户移动台之间建立通信。小区覆盖面的半径较小,一般为1~20 km,因此可以用较小的发射功率实现双向通信。由若干彼此相邻的小区构成的覆盖区称为区群。由于区群的结构酷似蜂窝,人们将小区制移动通信系统称为蜂窝移动通信系统。区群中各小区的基站之间可以通过电缆、光缆或微波链路与移动交换中心连接。移动交换中心通过线路与市话交换局连接,从而构成了一个完整的蜂窝移动通信的网络结构,这样,由多个小区构成的通信系统的总容量可大大提高。

(3)地面微波接力通信。无线电数字微波通信系统在长途、大容量的数据通信中占有极其重要的地位,其频率范围为300 MHz~300 GHz。微波通信主要有两种方式:地面微波接力通信和卫星通信。微波在空间中主要是直线传播,由于地球表面是个曲面,其传播距离受到限制且与天线的高度有关,一般只有50 km左右。长途通信时必须建立多个中继站,中继站把前一站发来的信号经过放大后再发往下一站,类似于接力。如果中继站采用100 m高的天线塔,则接力距离可增大到100 km。

(4)卫星通信。卫星通信具有通信距离远、费用与通信距离无关、覆盖面积大、不受地理条件限制、通信信道带宽宽、可进行多址通信与移动通信的优点,因此获得了迅速发展,并成为现代主要的通信手段之一。

商用通信卫星一般被发射在赤道上方35 900 km的同步轨道上。这就意味着,当地球自转时,同步卫星也以一个适当的速度沿地球自转方向绕轨道运行,地球与卫星之间可以保持相对静止。3颗这样的卫星均匀地沿轨道分布,就可以覆盖几乎整个地球表面。

卫星通信最突出的优点是数据传输成本不随传输距离增加而增加,故在进行远距离洲际通信时,通常采用卫星通信。它的不足之处是传输延迟时间长,传输质量与气候条件、太阳活动、卫星对地面的方位等有关。



(5)甚小口径终端(very small aperture terminal, VSAT)卫星通信。VSAT 是 20 世纪 80 年代末发展起来并于 20 世纪 90 年代得到广泛应用的新一代数字卫星通信系统。VSAT 网通常由一个卫星转发器、一个大型主站和大量的 VSAT 小站组成,能双向传输数据、语音、图像、视频等多媒体综合业务。

VSAT 具有很多优点,如设备简单、体积小、耗电少、组网灵活、安装维护简便、通信效率高等,尤其适用于大量分散的、业务量较小的用户共享主站,所以许多部门和企业多使用 VSAT 网来建设内部专用网。VSAT 网络组成如图 2-25 所示。

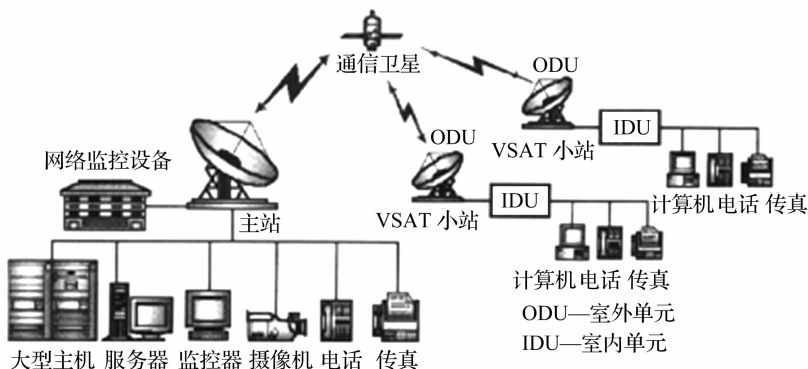


图 2-25 VSAT 网络组成

(6)红外线和激光。红外线通信和激光通信就是把要传输的信号分别转换成红外光信号和激光信号直接在自由空间中沿直线进行传播,它比微波通信具有更强的方向性,难以窃听、插入数据和进行干扰,但红外线和激光对雨雾等环境干扰特别敏感。红外线链路由一对发送/接收器组成,这对收发器调制不相干的红外光,收发器必须处于视线范围内,可以安装在屋顶或建筑物内部;安装红外系统不需要经过有关部门许可,几天时间就可以装好,对于短距离、中低速率数据传输非常实用。采用相干光调制的激光收发器也可以安装成类似系统,但因激光硬件会发出少量射线,所以必须经过许可才能安装。

2. 无线数据通信的应用

无线数据通信也称为移动数据通信,它的业务范围很广,也有广泛的应用前景。

(1)无线数据通信在业务上的应用。无线数据通信的业务通常分为基本数据业务和专用数据业务两种:基本数据业务的应用有电子邮箱、传真、信息广播、局域网接入等;专用数据业务的应用有个人移动数据通信,计算机辅助调度,车、船、舰队管理, GPS 汽车卫星定位,远程数据接入等。

(2)无线数据通信在工业及其他领域的应用。无线数据通信在这些领域的应用



可分为固定式应用、移动式应用和个人应用 3 种类型。

①固定式应用是指通过无线接入公用数据网的固定式应用系统及网络,如边远山区的计算机入网、交警部门的交通监测与控制、收费停车场、加油站以及灾害的遥测和告警系统等。

②移动式应用是指野外勘探、施工、设计部门及交通运输部门的运输车、船队和快递公司为了发布指示或记录实时事件,通过无线数据网络实现业务调度、远程数据访问、报告输入、通知联络、数据收集等均需采用移动式数据终端。移动式数据终端在公安部门的刑警、巡警、交警处也开始应用。

③个人应用是指专业性很强的业务技术人员、公安外线侦查破案人员等需要在外办公时,通过无线数据终端进行远程打印、传真、访问主机、数据库查询、查证。股票交易商也可以通过无线数据终端随时随地跟踪查询股票信息,即使度假也可以远程参加股票交易。此外,电子邮箱是国外应用很广的数据业务,在我国也应用相当广泛。无线接入 Internet 可随时随地收发电子邮件,因此无线数据通信也得到广泛的应用。

2.4.3 光纤

光纤在几年前还是非常昂贵的传输介质,但现在正大步走近我们的生活。例如,一些大城市已经有不少居民享受到了光纤电缆提供的高质量有线电视信号。在计算机网络中光纤及其附属设备的价格仍然相对较高,所以一般在大型网络的主干网中会使用光纤,以保证数据高速和高质量地传输,而在分支网络中则使用双绞线或同轴电缆。光纤的结构如图 2-26 所示。

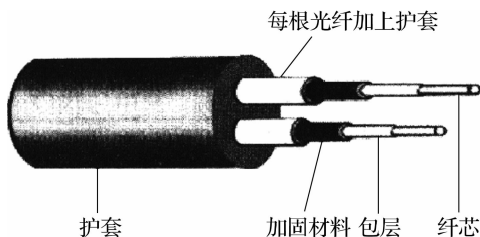


图 2-26 光纤的结构示意图

光纤使用光脉冲而不是通过电来传输数据。光纤电缆为圆柱形,由 3 个部分构成:纤芯、包层和护套。纤芯是最内层部分,由一根或多根非常细的玻璃纤维或塑料制成的纤维组成。每一根纤芯都有自己的包层,包层是玻璃或塑料涂层,它具有与



纤芯不同的光学特性,用来反射光脉冲使其向下传输。最外层是护套,它包裹着一根或一束已加包层的纤维。护套由塑料或其他材料制成,它可以防止潮湿、擦伤、压伤或其他来自外界的危害。在护套中使用填充物以使纤芯固定。

在折射率较高的单根光纤外面,用折射率较低的包层包裹起来,就可以得到一条光纤通道,其剖面示意图如图 2-27 所示。

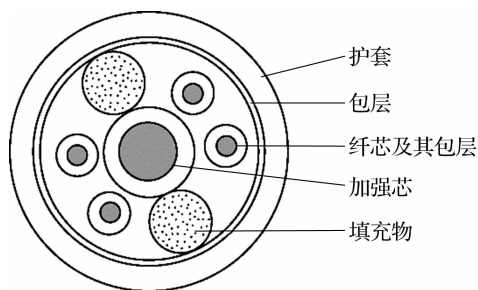


图 2-27 光纤剖面示意图

其中,纤芯可以传输光信号,光信号中携带用户数据。包层的折射率比玻璃芯低,可使光信号在玻璃芯内反射传输。

光缆可以是单根光纤,但通常由多根光纤构成一束,外面有外壳保护,以保证光缆有一定的强度。

(1) 光纤的物理特性。数据在光纤中是通过光信号进行传输的。由于包层比纤芯折射率低,可以使光信号在纤芯内反射传输。光纤按所通过的光路数又可分为多模光纤和单模光纤。

① 多模光纤:纤芯较细,芯径一般为 $50\mu\text{m}$ 或 $62.5\mu\text{m}$,在传输中采用发光二极管(LED)作为光源,允许多条不同角度入射的光线在一条光纤中传输,即有多条光路,如图 2-28 所示。在无中继条件下,其传播距离可达几千米。光纤局域网是多模光纤的构建案例。



图 2-28 多模传输示意图

② 单模光纤:纤芯非常细,芯径为 $9 \sim 10 \mu\text{m}$,采用激光管(LD)作为光源,一条光纤中只允许一条光线直线传输,即只有一条光路可以使光线一直向前传播,而不会产生多次反射,如图 2-29 所示。在无中继条件下,其传播距离可达几十千米。

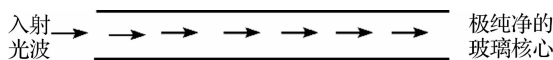


图 2-29 单模传输示意图

单模光纤容量大于多模光纤,价格也高于多模光纤,同时光纤续接、端接的成本比较高,因此主要用于骨干网。

光纤易折断,因此在安装过程中要格外仔细,切割光纤也需要用专门设计的精密工具。由于光纤传输的是光信号,不易受到来自外界的电磁干扰,信号不易被窃听,它具有很高的安全性。光纤网段的长度在不加中继器的情况下可达几千米至上百千米。

(2)光纤的其他特性。光纤除了上面介绍的物理特性,还具有以下几个方面的特性。

①传输特性:一根光纤任何时候只能单向传输数字信号。因此,要实现双向通信就必须成对使用。

②连通性:只用于点到点连接。

③地理范围:适用于长距离信号传输。

④抗干扰性:光纤利用的是光学原理,具有良好的抗干扰性,不受任何强电磁的影响,安全性也好。

⑤价格:比较昂贵。在有线介质中,光纤的价格最高。

⑥光纤与铜缆相比,其优点是:高带宽,衰减小,不受电磁干扰,细且轻,安全性好。缺点是:单向传输,且价格比较昂贵。

实训/双绞线的制作和使用

【实训目的】

- (1)了解以太网中的常用传输介质和连接器的性能及特点。
- (2)练习双绞线的制作,掌握网线制作工具和电缆测试仪的使用方法。

【实训内容】

- (1)一般双绞线的制作。
- (2)交叉双绞线的制作。
- (3)测试一般双绞线的导通性。



视频

双绞线的排序
与制作



【实训步骤】

1. 制作双绞线的基础知识

常用的网络传输介质有双绞线、同轴电缆、光纤等。双绞线可按其是否外加金属网屏蔽层而分为屏蔽双绞线(STP)和非屏蔽双绞线(UTP)两种。从性价比和可维护性出发,大多数局域网使用非屏蔽双绞线作为传输介质。

UTP 由一定长度的双绞线和 RJ-45 接头组成。制作好网线后要将 RJ-45 接头接入网卡或集线器等网络设备的 RJ-45 接口内。

对双绞线接线方式的规定如下:

(1)在 EIA/TIA-568B 标准中,1、2 用于发送,3、6 用于接收,4、5,7、8 是双向线。1、2,3、6,4、5,7、8 双绞,这样可以最大限度地抑制干扰信号,提高传输质量。

(2)如果双绞线的两端均采用同一标准(如 EIA/TIA-568B),则称这根双绞线为直通双绞线(简称直通线)。直通线能用于异种网络设备间的连接,如计算机与集线器、集线器与路由器的连接,这是一种最常用的连接方式。通常直通线的两端均采用 EIA/TIA-568B 标准,其连接方式如图 2-30 所示。

	1	2	3	4	5	6	7	8
A 端	橙白	橙	绿白	蓝	蓝白	绿	棕白	棕
B 端	橙白	橙	绿白	蓝	蓝白	绿	棕白	棕

图 2-30 直通线的接线方式

(3)如果双绞线的两端采用不同的连接标准(如一端用 EIA/TIA-568A,另一端用 EIA/TIA-568B),则称这根双绞线为交叉双绞线(简称交叉线)。交叉线用于同种类型设备的连接,如计算机与计算机的直连、集线器与集线器的级联。需要注意的是,有些集线器(或交换机)本身带有级联口,当用某个集线器的普通接口与另一个集线器的级联口相连时,因级联口内部已经做了“跳接”处理,所以这时只能用直通线来完成它们之间的连接。图 2-31 所示为双绞线两端分别采用 EIA/TIA-568B 和 EIA/TIA-568A 标准时的连接方式。

	1	2	3	4	5	6	7	8
A 端	橙白	橙	绿白	蓝	蓝白	绿	棕白	棕
B 端	绿白	绿	橙白	蓝	蓝白	绿	棕白	棕

图 2-31 交叉线的接线方式



2. 制作双绞线

双绞线网线的制作其实就是网线水晶头的制作。这类网线制作的难点是不同用途的网线跳线规则不一样。下面介绍最基本的直通 5 类线(不用跳线)的制作方法,其他类型网线的制作方法类似,只是跳线方法不一样而已。

(1)准备好 5 类双绞线、RJ-45 接头和一把 RJ-45 压线钳。用双绞线压线钳(或其他剪线工具)把 5 类双绞线的一端剪齐,如图 2-32 所示。

(2)把剪齐的一端插入压线钳用于剥线的缺口中,注意网线不能弯曲,直插进去,直到顶住压线钳后面的挡位,然后稍微握紧压线钳慢慢旋转一圈,让刀口划开双绞线的保护胶皮,最后剥下胶皮,如图 2-33 所示。

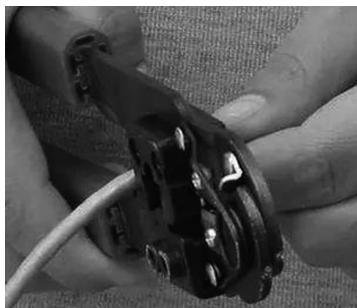


图 2-32 剪齐双绞线一端



图 2-33 剥线

压线钳挡位到剥线刀口的长度通常恰好为水晶头的长度,这样可以有效避免剥线过长或过短。如果剥线过长一方面不美观,另一方面使网线不能被水晶头卡住,容易松动;如果剥线过短,因有外皮存在,网线太粗,不能完全插到水晶头底部,造成水晶头插针不能与网线芯线完好接触。

(3)剥除外胶皮后,即可见到双绞线网线的四对八条芯线,并且可以看到每对线的颜色都不同。每对缠绕的两根芯线由一根纯色的芯线加上一根相应颜色与白色相间的芯线组成。四根纯色芯线的颜色为棕色、橙色、绿色、蓝色,如图 2-34 所示。

(4)小心地剥开每一对线,因为是遵循 EIA/TIA-568B 标准来制作接头,所以线对颜色是有一定顺序的,如图 2-35 所示。



图 2-34 剥离后的四对八条芯线

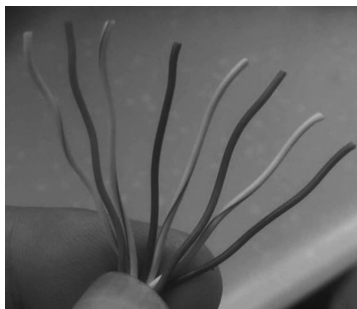


图 2-35 EIA/TIA-568B 标准的线序

需要特别注意的是,绿色线应该跨越蓝色线。这里最容易犯错的地方就是将绿白线与绿线相邻放在一起,这样会造成串扰,使传输效率降低。正确的顺序从左到右应为橙白、橙、绿白、蓝、蓝白、绿、棕白、棕,常见的错误接法是将绿色线放到第四只引脚的位置。将绿色线放在第六只引脚的位置才是正确的,因为在网络中,第三只引脚与第六只引脚是同一对,所以需要使用同一对线。

(5)将八条芯线平坦、整齐地平行排列,导线间不留空隙,如图 2-36 所示。将裸露出的双绞线用剪刀或斜口钳剪下约 14 mm 的长度,之所以剪下这个长度是为了符合 EIA/TIA-568B 的标准。

(6)把剪齐、并排的八条芯线对准水晶头开口并排插入水晶头中,如图 2-37 所示。注意一定要将各条芯线都插到水晶头的底部,不能弯曲,以确保八条芯线顶端插入线槽底端。

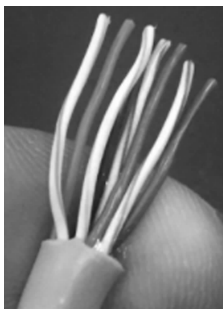


图 2-36 将线序排列整齐

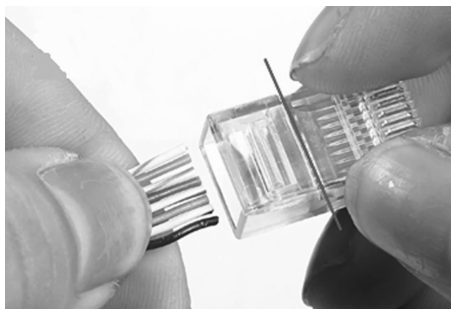


图 2-37 把双绞线插入水晶头

(7)确定双绞线的每根线已经正确放置后,用 RJ-45 压线钳压紧 RJ-45 接头,双手紧握压线钳的手柄,用力压紧,如图 2-38 所示。

提示:另外一端的水晶头如果根据 EIA/TIA-568B 标准,则所做网线为直通线;



如果根据 EIA/TIA-568A 标准,则所做网线为交叉线。

水晶头的两端都制作好后,即可用电缆测试仪(见图 2-39)进行测试,如果测试仪上的八个指示灯依次为绿色闪过,则证明网线制作成功。



图 2-38 压紧水晶头



图 2-39 电缆测试仪

如果出现任何一个灯为红色或黄色,都表明存在断路或接触不良的现象,此时最好先将两端的水晶头用压线钳再压一次,然后再测。如果故障依旧,再检查两端芯线的排列顺序是否一样,如果不一样,则剪掉一端重新按另一端芯线排列顺序制作水晶头;如果芯线顺序一样,但测试仪在重测后仍显示红灯或黄灯,则表明其中肯定存在对应的芯线接触不好的问题,此时只能先剪掉一端按另一端芯线顺序重做一个水晶头。接着再测,如果故障消失,则不必重做另一端水晶头,否则还得把另一端水晶头也剪掉重做,直到测试指示灯全为绿色闪过为止。对于不同的制作方法,测试仪上的指示灯亮的顺序也不同,如果是直通线,测试仪的指示灯应该依次按顺序亮;如果是交叉线,则测试仪指示灯亮的顺序应该是 3、6、1、4、5、2、7、8。



习题

一、选择题

1. 下列说法中正确的是()。
 - A. 信道的带宽越宽,数据传输速率就越高
 - B. 信道的带宽越宽,数据传输速率就越低
 - C. 信道的带宽和数据传输速率在数值上相等
 - D. 信道的带宽和数据传输速率无关
2. 对等网中,两个计算机之间的通信属于()。
 - A. 单工通信
 - B. 半双工通信
 - C. 全双工通信
 - D. 并行通信