

第5章 计算机网络工程

主要内容

- (1) 计算机网络的定义、OSI 参考模型和 TCP/IP 协议族；
- (2) 网络拓扑结构、传输方式和网络互联设备；
- (3) 局域网、城域网和广域网的概念；
- (4) 互联网、物联网、云计算和无线网络的概念；
- (5) 信息交互网、三网融合的概念。

5.1 计算机网络的概念

计算机网络并不是随着计算机的出现而出现的，而是随着社会对资源共享和信息交换与及时传递的迫切需要而发展起来的。它是现代计算机技术和通信技术密切结合的产物。

5.1.1 计算机网络的定义和分类

虽然计算机应用越来越广泛普及，但是如果不联网单台使用，总有些美中不足。例如，公司为每个人都配备了一台计算机，如果给所有计算机都配备打印机，它们多数情况下是处于闲置状态，这是一种浪费。解决的办法是公司只给一台计算机配备打印机，而其他所有计算机都可以在这上面打印并且相互之间不影响工作，这就是资源共享。共享资源既节省了大量的开支，又便于集中管理。

1. 计算机网络的定义

早期的计算机系统是高度集中的，所有的设备安装在单独的房间里，后来出现了批处理和分时系统，分时系统所连接的多个终端必须紧接着主计算机。20 世纪 50 年代中后期，许多系统都将分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上，这样就出现了第一代计算机网络。

第一代计算机网络是以单个计算机为中心的远程联机系统。当时，人们把计算机网络定义为：以传输信息为目的而连接起来，实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统。

第二代计算机网络以通信子网为中心，这个时期网络的定义是：以能够相互共享资源为目的互联起来的、具有独立功能的计算机之集合体。第二代网络是以多个主机通过通信线路互联起来，兴起于 20 世纪 60 年代后期。主机之间不是直接用线路相连，而是接口报文处理机(IMP)转接后互联的。IMP 和它们之间互联的通信线路一起负责主机间的通信任务，构成了通信子网。通信子网互联的主机负责运行程序，提供资源共享，组成了资源子网。两个主机间通信时对传送信息内容的理解，信息表示形式以及各种情况下的应答信号都必须遵守一个共同的协议。

第三代计算机网络是具有统一的网络体系结构并遵循国际标准的开放式和标准化的网络。ISO 在 1984 年颁布了 OSI/RM 模型标准,该模型分为 7 个层次,称为 7 层开放系统交互式连接模型,为普及局域网奠定了基础。局域网是用一组电缆把通信设备连接在一起,构成网络。

第四代计算机网络从 20 世纪 80 年代末开始,局域网技术发展成熟,出现了光纤及高速网络技术、无线网络和智能网络,整个网络就像一个对用户透明的巨大的计算机系统,发展为以 Internet 为代表的国际互联网。此时计算机网络定义:将多个具有独立工作能力的计算机系统,通过通信设备和线路由功能完善的网络软件实现资源共享和数据通信的系统。

2. 计算机网络的分类

用于计算机网络分类的标准很多,如按传输距离、介质、拓扑结构等进行分类。

1) 按距离分类

(1) 局域网(LAN):一般限定小于 10km 的区域范围内,采用有线或无线的方式把网络连接起来,其特点是配置容易,不存在寻径问题,由单个的广播信道来联结网上计算机,速率高。局域网通常用于一个单位内,特别适合于一个地域跨度不大的企业建立内部网,即 Intranet。

(2) 城域网(MAN):规模局限在一座城市的范围内,大约 10km 至 100km 的区域范围。对一个城市的 LAN 互联,采用 IEEE 802.6 标准。

(3) 广域网(WAN):也称为远程网,网络跨越国界、洲界,区域范围达到几百千米至几千千米。发展较早,租用专线,通过 IMP 和线路连接起来,构成网状结构,解决路径问题。

2) 按传输介质分类

(1) 有线网:采用同轴电缆或双绞线来连接的计算机网络。同轴电缆网是常见的一种联网方式。它比较经济,安装较为便利,传输率和抗干扰能力一般,传输距离较短。双绞线网是目前最常见的连网方式。它价格便宜,安装方便,但易受干扰,传输率较低,传输距离短。

(2) 光纤网:光纤网也是有线网的一种,但由于其特殊性而单独列出。光纤网采用光导纤维做传输介质,光纤传输距离长,传输率高,可达数百吉比特每秒,抗干扰能力强,不会受到电子监听设备的监听,是高安全性网络的理想选择。不过其价格高,安装技术要求也高。

(3) 无线网:采用空气做传输介质,用电磁波作为载体来传输数据,建设成本低,联网方式灵活方便,易于扩展,是一种很有前途的联网方式。

5.1.2 OSI 参考模型

协议是实现计算机互连的前提,是计算机网络工作的基础。网络协议是指在网络环境中,要对同层通信实体间交换的报文的格式、如何交换以及必要的差错控制设施(如超时重发)做出全网一致的约定,这些约定(规则)称为网络协议。网络接口是指在网络环境中,要求对相邻层实体间合作所需交换的信息格式、交换规则及必要的差错控制加以规定,这些规定称为接口。

OSI/RM 最初用来作为开发网络通信协议族的一个工业参考标准,是各个层上使用的协议国际化标准。整个 OSI/RM 模型共分 7 层,当接收数据时,数据是自下而上传输的;当发送数据时,数据是自上而上传输的。它定义了每一层该做什么,但未确切描述用于各层的协议和服务。

1) 物理层

物理层协议规定不同种类传输设备、传输媒介如何将数字信号从一端传送到另一端。它是完全面向硬件的,通过一系列协议定义了通信设备的机械、电气、功能和规程特征。

(1) 机械特征:规定线缆与网络接口卡的连接头的形状、几何尺寸、引脚线数、引线排列方式和锁定装置等一系列外形特征。

(2) 电气特征:规定了在传输过程中多少伏特电压代表 1,多少伏特电压代表 0。

(3) 功能特征:规定了连接双方每个连接线的作用,包括数据线、控制线、定时线和地线。

(4) 过程特征:具体规定了通信双方的通信步骤。

2) 数据链路层

数据链路层通过一系列协议实现以下功能:

(1) 封装成帧:把数据组成一定大小的数据块(帧),以帧为单位发送、接收和校验数据。

(2) 流量控制:实时控制传输速率,以免出现发送数据过快而丢失数据的情况。

(3) 差错控制:对接收的数据进行检验,如果发现错误,则通知发送方重传。

(4) 传输管理:对数据链路进行管理。

最典型的数据链路层协议是 IEEE 开发的 802 系列规范,在该系列规范中将数据链路层分成了两个子层:逻辑链路控制层(LLC)和截至访问控制层(MAC)。IEEE 802 包括以下内容:

- 802.1: 802 协议概论。
- 802.2: 逻辑链路控制层协议。
- 802.3: 以太网的 CSMA/CD(载波监听多路访问/冲突检测)协议。
- 802.4: 令牌总线(Token Bus)协议。
- 802.5: 令牌环(Token Ring)协议。
- 802.6: 城域网协议。
- 802.7: 宽带技术协议。
- 802.8: 光纤技术协议。
- 802.9: 局域网上的语言/数据集成规范。
- 802.10: 局域网安全互操作标准。
- 802.11: 无线局域网(WLAN)标准协议。

3) 网络层

网络层用于从发送端向接收端传送分组,负责确保信息到达预定的目标。如果通信双方在网络中不是邻接的,当一个数据分组从发送端发送到接收端时,就可能要经过多个网络结点,这些结点暂时存储“路过”的数据分组,再根据网络的“交通状况”选择下一个结点将数据

分组发出去,直到发送到接收方为止。工作在网络层上的协议主要有 IP 协议和 IPX 协议。

4) 传输层

传输层实现发送端和接收端的端到端的数据分组传送,负责实现数据包无差错、按顺序、无丢失和无冗余地传输。在传输层上,所执行的任务包括检错和纠错。工作在传输层的协议有 TCP 协议、UDP 协议和 SPX 协议。

5) 会话层

会话层主要负责管理远程用户或进程间的通信,包括通信控制、检查点设置、重建中断的传输链路,以及名字查找和安全验证服务。

6) 表示层

表示层以下的各层只关心从源地到目的地可靠地传输数据,而表示层则关心的是所传送信息的语义与语法。它负责将接收到的数据转换为计算机内的表示方法或特定程序的表示方法。也就是说,它负责通信协议的转换、数据的翻译、数据的加密和字符的转换等工作。

7) 应用层

应用层就是直接提供服务给使用者的应用程序的层。应用层可实现网络中一台计算机上的应用程序与另一台计算机上的应用程序之间的通信,就像在同一计算机上操作一样。在 OSI 参考模型中应用层的规范具体包括各类应用过程的接口和用户接口。

5.1.3 TCP/IP 协议族

TCP/IP 协议实际上就是在物理网上的一组完整的网络协议。其中 TCP 是提供传输层服务,而 IP 则是提供网络层服务。TCP/IP 协议族分为四层,在最低层可以有多种网络协议,包括 ATM、FDDI、802.3、802.11 等,甚至 IP 协议本身也可以工作在最低层,就是说,IP 数据包仍然可以继续由 IP 协议进行封装(如 IP 隧道)。这些网络协议由硬件(如网络适配器)和软件(如网络设备驱动程序)共同实现(见图 5-1)。

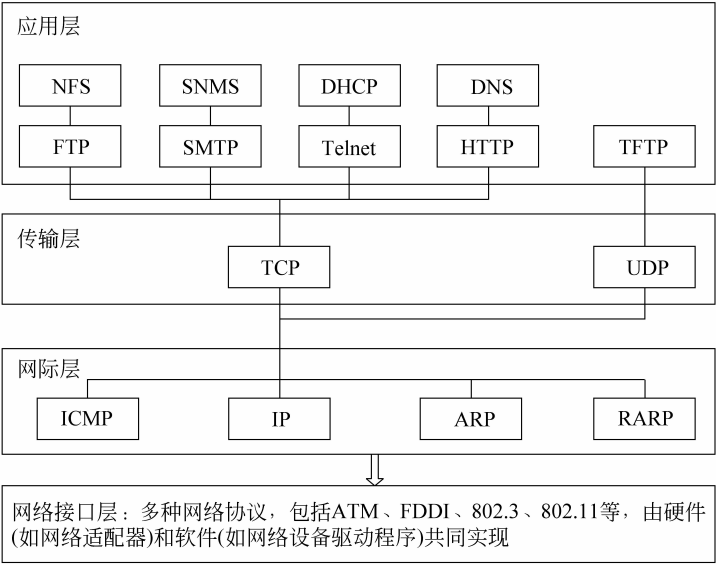


图 5-1 TCP/IP 协议体系结构示意图

1. 应用层

TCP/IP 协议应用层对应于 OSI 模型的应用层和表示层,应用程序通过本层的协议利用网络。

(1) 文件传输协议(FTP): 把文件从客户机复制到服务器上的一种途径。

(2) 简单文件传输协议(TFTP): 是用于客户机与服务器之间进行简单文件传输的协议。它只能从文件服务器获得或写入文件,不能列出目录,也不进行认证。它传输 8 位数据。

(3) 超文本传输协议(HTTP): 用于从 WWW 服务器传输超文本到本地浏览器的传送协议。

(4) 简单邮件传输协议(SMTP): 是一种提供可靠且有效的电子邮件传输协议。

(5) 动态主机配置协议(DHCP): 分为服务器端和客户端两部分。所有 IP 网络设定数据都由 DHCP 服务器集中管理,IP 地址分配有 3 种方式: 固定分配、动态分配和自动分配。

(6) 网络文件系统(NFS): 允许一个系统在网络上与他人共享目录和文件。

(7) 远程登录协议(Telnet): 允许用户登录进入远程主机系统。

(8) 域名系统(DNS): 用于命名组织到域名层次结构中的计算机和网络服务。

(9) 简单网络管理协议(SNMP): 指一系列网络管理规范的集合,包括协议本身、数据结构的定义和一些相关概念。目前 SNMP 已成为网络管理领域中事实上的工作标准,并被广泛支持和应用,大多数网络管理系统和平台都是基于 SNMP 的。

2. 传输层

TCP/IP 传输层对应于 OSI 模型的会话层和传输层,负责提供流控制、错误校验和排序服务。

(1) 传输控制协议(TCP): 是 TCP/IP 协议族中最重要的协议之一,它在 IP 协议提供的不可靠数据服务的基础上,采用了重发技术,为应用程序提供了一个可靠的、面向连接的、全双工的数据传输服务。TCP 协议一般用于传输数据量比较少,且对可靠性要求高的场合,如文件传输。

(2) 用户数据报协议(UDP): 是一种不可靠的、无连接的协议,可以保证应用程序进程间的通信,一般用于传输数据量大,对可靠性要求不是很高,但要求速度快的场合。TCP 有助于提供可靠性,而 UDP 则有助于提高传输的高速率,适合向视频应用提供服务。

3. 网际层

TCP/IP 协议网际层对应于 OSI 模型的网络层,用来处理信息的路由及主机地址解析。

(1) 网际协议(IP): 提供端到端的分组分发及很多扩充功能。所提供的服务通常被认为是无连接的和不可靠的,因此把差错检测和流量控制之类的服务授权给了其他的各层协议。

(2) 地址解析协议(ARP): 用于动态地完成 IP 地址向物理地址(MAC 地址)的转换。

(3) 反向地址解析协议(RARP): 用于动态完成物理地址向 IP 地址的转换。

(4) 网际控制报文协议(ICMP): 专门用于发送差错报文的协议,由于 IP 协议是一种尽力传送的通信协议,即传送的数据可能丢失、重复、延迟或乱序传递,所以 IP 协议需要一种尽量避免差错并能在发生差错时报告的机制。

(5) 网际组管理协议(IGMP): IP 主机用做向相邻多目路由器报告多目组成成员的协议。

4. 网络接口层

TCP/IP 协议网络接口层对应于 OSI 模型的数据链路层和物理层,TCP/IP 协议不包含具体的物理层和数据链路层,只定义了网络接口层作为物理层的接口规范。网络接口层处在 TCP/IP 协议的最底层,主要负责管理为物理网络准备数据所需的全部服务程序和功能。

5.1.4 网络拓扑结构和传输方式

1. 网络拓扑结构

网络的拓扑结构是抛开网络物理连接来讨论网络系统的连接形式,网络中各站点相互连接的方法和形式称为网络拓扑。拓扑图给出网络服务器、工作站配置和相互间的连接,有以下几种:

1) 星型结构

星型结构是指各工作站以星型方式连接成网(见图 5-2)。网络有中央结点,其他结点(工作站、服务器)都与中央结点直接相连,这种结构以中央结点为中心,因此又称为集中式网络。它的特点是:结构简单,便于管理;控制简单,便于建网;网络延迟时间较小,传输误差较低。其缺点是成本高、可靠性较低、资源共享能力也较差。

2) 环型结构

环型结构由网络中若干结点通过点到点的链路首尾相连形成一个闭合的环(见图 5-3),这种结构使公共传输电缆组成环型连接,数据在环路中沿着一个方向在各个结点间传输,信息从一个结点传到另一个结点。信息流在网中是沿着固定方向流动的,两个结点仅有一条道路,故简化了路径选择的控制;环路上各结点都是自举控制,故控制软件简单。其缺点是由于信息源在环路中是串行地穿过各个结点,当环中结点过多时会影响信息传输速率,使网络的响应时间延长;环路是封闭的,不便于扩充;可靠性低,一个结点故障会造成全网瘫痪;维护难,故障定位较难。

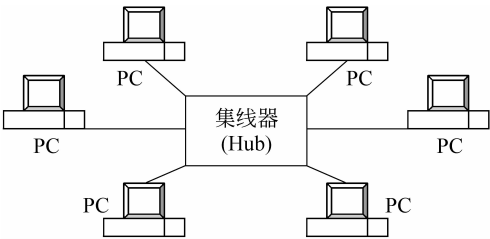


图 5-2 星型结构网络示意图

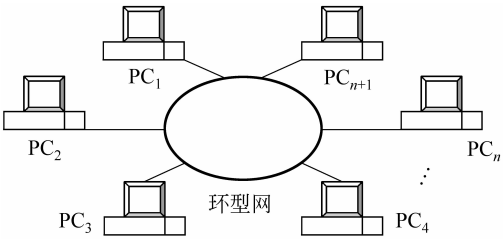


图 5-3 环型结构网络示意图

3) 总线型结构

总线结构是指各工作站和服务服务器均挂在一条总线上(见图 5-4),各工作站地位平等,无中心结点控制,公用总线上的信息传递方向总是从发送信息的结点开始向两端扩散,如同广播电台发射的信息一样,因此又称广播式计算机网络。各结点在接受信息时都进行地址检查,看是否与自己的工作地址相符,相符则接收网上的信息。总线型结构的网络优点是结构简单,可扩充性好。当需要增加结点时,只需要在总线上增加一个分支接口便可与分支结点相连;使用的电缆少,且安装容易;使用的设备相对简单,可靠性高。其缺点是维护难,分支结点故障查找难。

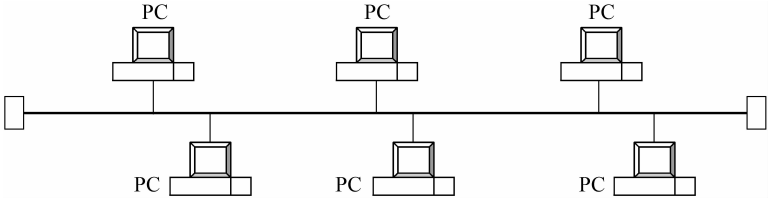


图 5-4 总线型结构网络示意图

4) 分布式结构

分布式结构的网络是将分布在不同地点的计算机通过线路互连起来的一种网络形式,它有如下特点: 由于采用分散控制,即使整个网络中的某个局部出现故障,也不会影响全网的操作,因而可靠性高;网中的路径选择最短路径算法,故网上延迟时间少,传输速率高,但控制复杂;各个结点间均可以直接建立数据链路,信息流程最短;便于全网范围内的资源共享。

5) 树型结构

树型结构是分级的集中控制式网络,与星型相比,它的通信线路总长度短,成本较低,结点易于扩充,寻找路径比较方便,但除了叶结点及其相连的线路外,任一结点或其相连的线路故障都会使系统受到影响。

6) 网状拓扑结构

在网状拓扑结构中,网络的每台设备之间均有点到点的链路连接,这种连接不经济,只有每个站点都要频繁发送信息时才使用这种方法。它的安装也复杂,但系统可靠性高,容错能力强。

7) 蜂窝拓扑结构

蜂窝拓扑结构是无线局域网中常用的结构。它以无线传输介质(如微波、卫星、红外等)点到点和多点传输为特征,是一种无线网,适用于城市网、校园网、企业网。

除了以上几类,计算机网络还有其他类型的拓扑结构,但使用最多的是总线型和星型结构。

2. 网络带宽和传输方式

1) 带宽

一个通信信道的带宽是可传送的最高频率与最低频率之差,即传输的频率范围,它决定

了信道最大的数据传输率。数据传输率的测试单位是位/秒(bps),称为比特率。

(1) 基带传输: 信号以其原始频率传输,一个信号占用整个带宽。一般使用数字信号,可以双向传输。该方法常用于局域网。

(2) 宽带传输: 可同时进行多路传输,使用模拟信号,一般只能单向传输。用于高传输率传输。

2) 传输方式

数据传输时接收方必须知道它所接收的每一位的开始时间和持续时间,这种发送方和接收方在定时时钟上的协调一致称之为位同步。位同步有两种传输方式:

(1) 异步传输: 一次只传送一个字符,并且每个字符前加一个起始位,字符后跟一个终止位。异步传输主要用于传输速率低于 2400bps 的低速传输。

(2) 同步传输: 每次传送一组字符(即数据块),并在首尾加上由处理机规定的线路确认的字符。同步传输主要用于高速传输。

3) 传输方向

通信信道可以提供三种类型的数据传输方向:

(1) 单工: 信号在传输线中只能沿一个方向传送。

(2) 半双工: 信号在传输线中可以沿两个方向传送,但某一时刻只能沿一个方向传送。

(3) 全双工: 允许数据在同一时刻进行双向传送,主要用于计算机系统之间的高速传送。

5.2 局 域 网

局域网(LAN)是在一个局部的地理范围内(如一个学校、工厂和机关内),一般是方圆几千米以内,将各种计算机,外部设备和数据库等互相联结起来组成的计算机通信网。

5.2.1 局域网的组成和特征

局域网是广泛使用的网络技术,它可提供系统内各种独立的数据设备间的相互通信。局域网没有路由问题,任何两点之间可用一条链路,所以可以不需要单独设置网络层,而将寻址、排序、流控、差错控制等功能放在数据链路层中实现。

1. 局域网的组成

1) 服务器

服务器是网络控制的核心,用它运行网络操作系统(NOS),提供硬盘、文件数据及打印机共享等服务功能。服务器的类型主要有以下四种:

(1) 塔(台)式服务器: 采用大小与普通立式计算机大致相当的机箱,内部结构比较简单。

(2) 机架式服务器: 外形像交换机,有 1U(1U=1.75 英寸)、2U、4U 等规格。机架式服务器安装在标准的 19 英寸机柜里面。这种结构的多为功能型服务器。

(3) 机柜式服务器: 属高档企业服务器,内部结构复杂,设备较多,把许多不同的设备

单元或几个服务器都放在一个机柜中。

(4) 刀片式服务器：刀片式服务器是指在标准高度的机架式机箱内可插装多个卡式的服务器单元,实现高可用高密度。每一块“刀片”实际上就是一块系统主板,通过各自的硬盘启动自己的操作系统,类似于一个个独立的服务器。在这种模式下,每一块母板运行自己的系统,服务于指定的不同用户群,相互之间没有关联。管理员使用系统软件将这些母板集成为一个服务器集群,以提供高速的网络环境,并同时共享资源,为相同的用户群服务。在集群中插入新的“刀片”,就可以提高系统整体性能。“刀片”安装都是热插拔的,所以,系统可以轻松地替换。刀片式服务器的特点是低功耗、空间小、售价低;通过内置的负载均衡技术,可有效地提高服务器的稳定性和核心网络性能;为用户提供灵活、便捷的扩展升级手段等。

2) 工作站

工作站既可以有自己的操作系统,独立工作,也可以通过运行工作站网络软件,访问服务器共享网络资源。

3) 网络适配器(网卡)

其功用是将工作站和服务器连到网络上,实现资源共享和相互通信,数据转换和电信号匹配。网卡(NTC)的分类有以下几种方式:

(1) 速率: 10Mbps、100Mbps、1000Mbps、10Gbps。

(2) 总线类型: ISA、PCI。

(3) 传输介质接口: 细缆接插件(BNC)、非屏蔽双绞线连接器(RJ-45)。

4) 传输介质

(1) 双绞线: 将一对以上的铜线封装在一个绝缘外套中,为了降低干扰,每对相互缠绕,形成双绞线(TP)。双绞线分为非屏蔽双绞线(UTP)和屏蔽双绞线(STP)。根据其传输特性可分为 5 类、超 5 类、6 类、6A 类几种,其中 5 类和超 5 类线支持 100Mbps 带宽,6 类线支持 1000Mbps 带宽,6A 类线支持 10Gbps 带宽。

(2) 同轴电缆: 由一根空心的外圆柱导体和一根位于中心轴线的内导线组成,两导体间用绝缘材料隔开。按直径分为粗缆和细缆。

① 粗缆: 传输距离长,性能高但成本高,用于大型局域网干线,连接时两端需终接器。每段 500m,4 个中继器,最大可达 2500m,每段 100 个用户,收发器之间最小 2.5m,最大 50m。

② 细缆: 传输距离短,相对便宜,用 T 型头与 BNC 网卡相连,两端安 50Ω 终端电阻。每段 185m,4 个中继器,最大 925m,每段 30 个用户,T 型头之间最小 0.5m。

(3) 光纤: 是光导纤维的简称,由直径大约为 0.1mm 的细玻璃丝构成,比头发丝还细,具有把光封闭在其中并沿轴向进行传播的导波结构。通常为了保护光纤,包层外还往往覆盖一层塑料加以保护。应用光学原理,由光发送机产生光束,将电信号变为光信号,再把光信号导入光纤,在另一端由光接收机接收光纤上传来的光信号,并把它变为电信号,经解码后再处理。光波波长范围是在近红外区内,波长为 $0.8\sim 1.8\mu\text{m}$ 。可分为短波长段($0.85\mu\text{m}$)和长波长段($1.31\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$)。

纤芯和包层的主体材料都是石英玻璃,但两区域中掺杂情况不同,因而折射率也不同。

纤芯的折射率一般是 $1.463 \sim 1.467$, 包层的折射率是 $1.45 \sim 1.46$ 左右。也就是说, 纤芯的折射率比包层的折射率稍微大一些。这就满足了全反射的条件, 当纤芯内的光线入射到纤芯与包层的交界面时, 只要其入射角大于临界角, 就会在纤芯内发生全反射, 光就会全部由交界面偏向中心。光纤中的光在芯包交界面上, 不断地来回全反射, 传向远方, 而不会漏射到包层中去。弯曲给光纤带来的光能损耗是很小的。

光纤分单模光纤和多模光纤两类, 可以从纤芯的尺寸大小来简单来判别。单模光纤的纤芯很小, 纤芯/外皮的尺寸为 $8.3/125\mu\text{m}$, 由激光作光源, 运行波长为 1310nm 或 1550nm , 只传输主模态。这样可完全避免模态色散, 使传输频带很宽, 传输容量很大。这种光纤适用于大容量、长距离的光纤通信, 传输距离长达 5km 。

多模光纤又分为多模突变型光纤和多模渐变型光纤。由二极管发光, 运行波长为 850nm 或 1300nm , 传输距离可达 2km 。前者纤芯直径较大, 纤芯/外皮的尺寸为 $62.5/125\mu\text{m}$, 传输模态较多, 因而带宽较窄, 传输容量较小; 后者纤芯/外皮的尺寸为 $50/125\mu\text{m}$, 可获得比较小的模态色散, 因而频带较宽, 传输容量较大。光缆应用于主干时, 每个楼层配线间至少要用 6 芯光缆, 高级应用最好能使用 12 芯光缆。这要从应用、备份和扩容三个方面去考虑的。光纤的优点主要有:

① 传输频带宽, 通信容量大。光纤使用的光波频率比微波频率高 $1000 \sim 10000$ 倍, 所通信容量约可增加 $1000 \sim 10000$ 倍。在一根光纤上可同时传输三万多路电话, 而电通信中容量最大的同轴电缆, 通信容量仅同时传输一千多路电话。

② 损耗低。石英玻璃介质的纯度极高, 所以光纤的损耗极低, 传输中继距离可以很长。这样, 在通信线路中可以减少中继站的数量, 降低成本且提高通信质量。

③ 不受电磁干扰, 绝缘保密性好。光纤是非金属的介质材料, 有不受电磁干扰的特性。光信号束缚在光纤芯子中传输, 在芯子外很快衰减, 能保证同一光缆中不同光纤间光信号的传输质量, 不会产生光纤间的串光现象, 所以其保密性好、使用安全。光纤具有抗高温和耐腐蚀的性能。

④ 线径细, 重量轻。光纤的体积小、重量轻, 便于敷设。光缆成品要比金属电缆细, 重量轻很多, 这样便于制造多芯光缆, 提高线缆的空间使用率。

⑤ 资源丰富。光纤的主要成分是石英, 因此制造光纤的材料资源丰富, 制造成本也低。光纤的主要缺点是光纤质地较脆, 机械强度低。施工过程中稍不注意, 就会折断。

5) 交换机

交换机是一种具有简化、低价、高性能和高端口密集特点的交换产品, 体现了桥接技术的复杂交换技术在 OSI 参考模型的第二层操作。与桥接器一样, 交换机按每一个包中的 MAC(媒体访问控制协议)地址相对简单地决策信息转发。与桥接器不同的是交换机转发延迟很小, 操作接近单个局域网性能, 远远超过了普通桥接互连网络之间的转发性能。

交换技术允许共享型和专用型的局域网段进行带宽调整, 以减轻局域网之间信息流通出现的瓶颈问题。类似传统的桥接器, 交换机提供了许多网络互联功能。交换机能经济地将网络分成小的冲突网域, 为每个工作站提供更高的带宽。协议的透明性使得交换机在软件配置简单的情况下直接安装在多协议网络中; 交换机使用现有的电缆、中继器、集线器和工作站的网卡, 不必作高层的硬件升级; 交换机对工作站是透明的, 这样管理开销低廉, 简化