

模块 1

计算机网络基础知识

计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物。它的发展不仅促进了人类社会的信息化和全球经济一体化,也改变了人们的生活习惯。本模块将详细讲解计算机网络概述、计算机网络的体系结构、OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型。

1.1 / 计算机网络概述

计算机网络使用通信线路和网络连接设备,将分布在不同地点并具有独立功能的多个计算机系统、终端及其附属设备相互连接起来,按照网络协议进行数据通信,实现资源共享,并为网络用户提供各种应用服务。

1.1.1 计算机网络的定义与组成

1. 计算机网络的定义

随着计算机网络的发展,人们对“计算机网络”这个概念的理解和定义提出了各种不同的观点。

计算机网络最简单的定义是:一些相互连接的、以共享资源为目的的、自治的计算机、手机等网络设备的集合。

另外,从逻辑功能上看,计算机网络是以传输信息为基础目的的,用通信线路将多台计算机连接起来的计算机系统的集合。一个计算机网络的组成包括传输介质和通信设备。

从用户角度看,计算机网络是这样定义的:存在一个能为用户自动管理的网络

操作系统。由它根据用户的需求进行资源的调配,而整个网络像一个大的计算机系统一样,对用户是透明的。

综上所述,把计算机网络定义为:把分布在不同地理区域的计算机与专门的外部设备用通信线路互连成一个规模大、功能强的系统,从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息,共享硬件、软件、数据信息等资源。简单来说,计算机网络就是由通信线路互相连接的许多自主工作的计算机构成的集合体。

从定义中看出计算机网络的 3 个核心问题:

- (1)至少有两台计算机互连。
- (2)通信设备与线路介质。
- (3)网络应用软件、通信协议和网络操作系统。

2. 计算机网络的组成

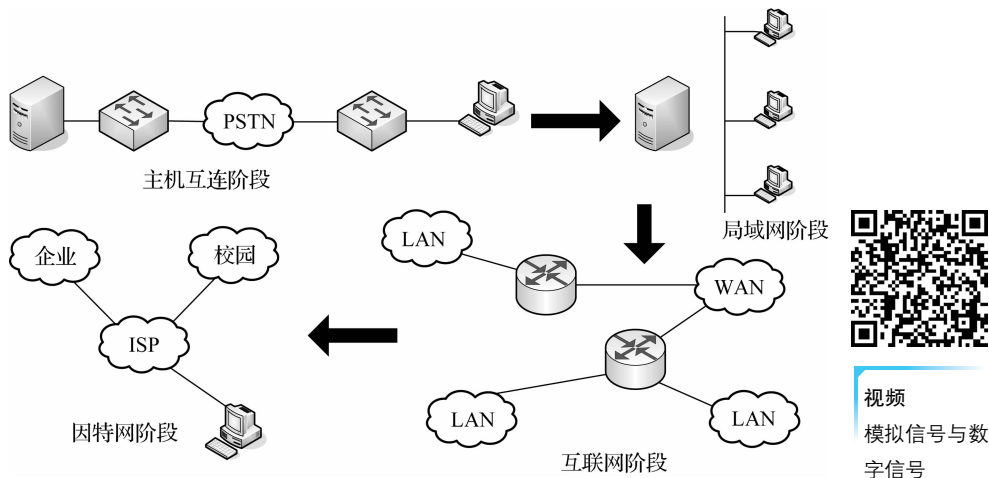
计算机网络通常由通信子网、资源子网和通信协议 3 部分组成。通信子网是计算机网络中负责数据通信的部分,通信传输介质可以是双绞线、同轴电缆、无线电、微波、光导纤维等。资源子网是计算机网络中面向用户的部分,负责全网络面向应用的数据处理工作,其主体是连入计算机网络中的所有计算机及这些计算机所拥有的面向用户端的外部设备、软件和可以共享的数据等。为使网内各计算机之间的通信可靠有效,通信双方必须共同遵守的规则和约定称为通信协议,计算机网络与一般计算机互连系统的区别在于有无通信协议的作用。

1.1.2 计算机网络的发展过程

为了更好地了解网络的概念,这里首先了解计算机网络的演变。从计算机的概念中了解到,计算机网络是现代通信技术与计算机技术相结合的产物,一直以来它们紧密结合,相互促进,相互影响,共同推进计算机网络的发展。图 1-1 所示为计算机网络发展演进图。

1. 主机互连阶段

这种产生于 20 世纪 60 年代初期,基于主机之间的低速串行连接的联机系统是计算机网络的雏形。在这种早期的网络中,终端借助电话线路访问计算机,由于计算机(一般为大型计算机)发送/接收的为数字信号,电话线传输的是模拟信号,这就要求在终端和主机间加入调制解调器(modem,俗称猫)进行数/模转换。



视频
模拟信号与数字信号

图 1-1 计算机网络发展演进图

在这种连接中,计算机是网络的中心,同时也是控制者。这是一种非常原始的计算机网络,它的主要任务是通过远程终端与计算机的连接,提供应用程序执行、远程打印和数据服务等功能。

2. 局域网阶段

20 世纪 70 年代,随着计算机体积减小、价格下降,出现了以个人计算机为主的商业计算模式。商业计算的复杂性要求大量终端设备的资源共享和协同操作,导致了对本地大量计算机设备进行网络化连接的需求,局域网由此产生。

当今的主流局域网技术以太网就是在此时期产生的。1973 年,Xerox(施乐)公司的鲍勃·麦卡夫(Robert Metcalfe,以太网之父)提出并实现了最初的以太网。后来 DEC、Intel 和 Xerox 合作制定了一个产品标准,该标准最初以这 3 家公司名称的首字母命名,称为 DIX 以太网。其他流行的 LAN 技术还有 IBM 的令牌环技术等。

3. 互联网阶段

由于单一的局域网无法满足人们对网络的多样性要求,20 世纪 70 年代后期,广域网技术逐渐发展起来,以便将分布在不同地域的局域网互相连接起来,其典型代表是美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)建立的广域网 ARPANET。1983 年,ARPANET 采用传输控制协议(transmission control protocol, TCP)和因特网协议(Internet protocol, IP)作为其主要的协议族,使大范围的网络互连成为可能。

4. 因特网阶段

20 世纪 80 年代到 90 年代是网络互连发展时期。在这一时期,ARPANET 的

规模不断扩大,将全球无数的公司、校园、互联网服务提供商(Internet service provider,ISP)和个人用户联系起来,最终演变成今天的几乎延伸到全球每一个角落的 Internet。1990年,ARPANET 正式被 Internet 取代,退出了历史舞台。越来越多的机构、个人参与到 Internet 中来,使得 Internet 获得了高速发展。现在,网络几乎联系着所有国家和地区,它已经成为世界上最丰富的信息资源库。网络被认为是未来全球信息高速公路的雏形。

21世纪以来互联网发展迅猛,随着移动网络的普及,WiFi、4G 甚至 5G 网络等在大中小城市及一些乡镇农村的覆盖率不断扩大,为移动互联网的快速发展打下了良好的基础。移动互联网络伴随着移动网络通信基础设施的快速发展与升级,促进了我国移动互联网的快速发展,使得服务模式和商业模式大规模创新。

1.1.3 计算机网络的分类

1. 按照网络覆盖的地理范围分类

按照网络覆盖的地理范围分类,计算机网络可以分为广域网、城域网和局域网。

(1)广域网(wide area network, WAN)又称远程网,网络跨越国界、洲界,甚至全球范围。由于分布范围广,常常借用传统的公共传输(电报、电话)网来实现。广域网的布局不规则,使用权限和网络的通信控制比较复杂,要求网络用户必须严格遵守电信部门所制定的各种标准和规程。著名的 Internet 就是一种 WAN。

(2)城域网(metropolitan area network, MAN)规模介于广域网和局域网之间,其大小通常覆盖一个城市,传输介质主要是光纤。城域网在核心技术上属于广域网技术。

(3)局域网(local area network, LAN)一般被限制在中等规模的地理区域内,是专用的,由单一组织机构所使用。通常,一个 LAN 的范围不超过 10 km,并且经常局限于一个单一的建筑物或一组距离很近的建筑物内。LAN 的特点是组建方便、使用灵活。局域网是组成其他两种类型网络的基础。

2. 按照网络的拓扑结构分类

按照网络的拓扑结构分类,计算机网络可以分为星型网络、环型网络、总线型网络、树型网络和网状网络等几种。

(1)星型网络。各站点通过点到点的链路与中心站相连。其特点是很容易在网络中增加新的站点,容易控制数据的安全性和优先级,容易实现网络监控,但中心节



点的故障会引起整个网络瘫痪。

(2)环型网络。各站点通过通信介质连成一个封闭环形。环型网络容易安装和监控,但容量有限,网络建成后,难以增加新的站点。

(3)总线型网络。所有站点共享一条数据通道。总线型网络安装简单方便,需要敷设的电缆最短,成本低,某个站点故障一般不会影响整个网络。但介质故障会导致网络瘫痪,网络安全性低,监控比较困难,增加新站点也不如星型网络容易。

(4)树型网络、网状网络等其他类型拓扑结构的网络都是以上述三种拓扑结构为基础的。

现在,星型网络是局域网中最常见的网络结构,总线型网络在局域网中多是主干网形式,环型网络趋于淘汰,网状网络一般多是广域网络。

3. 按照网络使用的传输介质分类

按照网络使用的传输介质分类,计算机网络可以分为同轴电缆网络、双绞线网络、光纤网络和无线网络。

(1)同轴电缆网络。同轴电缆比较经济,安装较为便利,但传输速率和抗干扰能力一般,传输距离较短。

(2)双绞线网络。双绞线价格便宜,安装方便,但容易受到干扰,传输速率较低,传输距离比同轴电缆要短。

(3)光纤网络。光纤网络采用光纤作为传输介质。光纤传输距离长,传输速率高,可达数千兆比特每秒,抗干扰性强,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。

(4)无线网络。无线网络采用无线传输介质(如无线电波、微波、红外线等)作为传输介质,以电磁波作为载体来传输数据。

4. 按照网络通信方式分类

按照网络通信方式分类,计算机网络可以分为点对点传输网络和广播式传输网络。

(1)点对点传输网络。其数据以点到点的方式在计算机或通信设备中传输。星型网络、环型网络均采用这种传输方式。

(2)广播式传输网络。其数据在共用介质中传输。无线网络和总线型网络均属于这种类型。

5. 按照网络使用目的分类

按照网络使用目的分类,计算机网络可以分为共享资源网、数据处理网和数据

传输网。

(1)共享资源网。使用者可共享网络中的各种资源,如文件、扫描仪、绘图仪、打印机及各种服务。Internet 是典型的共享资源网。

(2)数据处理网。数据处理网是用于处理数据的网络,如科学计算网络、企业经营管理网络等。

(3)数据传输网。数据传输网是用来搜集、交换、传输数据的网络,如情报检索网络等。

6. 按照网络服务方式分类

按照网络服务方式分类,计算机网络可以分为客户机/服务器网和对等网。

(1)客户机/服务器网。在客户机/服务器网中,服务器是指专门提供服务的高性能计算机或专用设备,客户机是指用户计算机。这是客户机向服务器发出请求并获得服务的一种网络形式,多台客户机可以共享服务器提供的各种资源。这是最常用、最重要的一种网络类型,它不仅适合于同类计算机联网,而且适合于不同类型的计算机联网,如 PC、Mac 的混合联网。这种网络的安全性容易得到保证,计算机的权限、优先级易于控制,监控容易实现,网络管理规范化。网络性能在很大程度上取决于服务器的性能和客户机的数量。目前,针对这类网络有很多优化性能的服务器,称为专用服务器。银行、证券公司都采用这种类型的网络。

(2)对等网。对等网不要求有文件服务器,每台客户机都可以与其他客户机对话,共享彼此的信息资源和硬件资源,组网的计算机一般类型相同。这种网络灵活方便,但是较难实现集中管理与监控,安全性低,较适合于部门内部协同工作的小型网络。

1.1.4 计算机网络的功能

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,也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运用,使得现代的办公、经营管理方式等发生了很大的变化。通过计算机网络管理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,增加经济效益。

4. 分布处理

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

负载均衡是指任务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. 提高安全性与可靠性

借助计算机网络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,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。

1.1.5 计算机网络的应用

计算机网络已经成为人们现代生活必不可少的工作、学习和娱乐工具。中国互联网络信息中心将网络应用划分为“信息获取”“交流沟通”“商务交易”和“网络娱乐”等几类,从计算机网络的角度来看,其主要应用包括如下几方面。

1. 办公自动化

办公自动化(office automation, OA)是计算机网络一个重要的应用领域。随着网络技术的发展,OA系统不仅能够处理文字和数据,还能处理图像、音频、视频等多种信息,将计算机、电视、录像、录音、电话、传真等多种元素通过网络融为一体。

2. 工业过程控制

计算机网络应用于工业过程控制可以提高产品的质量,获得显著的经济效益。其可靠性高,便于安装与操控,实时响应速度快,也可通过软件改变控制算法,将上层控制和下层控制相结合,实现较高级的控制策略。



3. 远程教育

由于计算机网络覆盖的地理范围非常广,网络中可以传输各种各样的数据,利用这种功能可以开办远程教育,使本地的学生通过网络聆听专家学者的远程授课,从而使得教育资源能够得到更充分的利用。目前,通过网络学习已成为人们获得持续知识的主要方法之一。

4. 电子商务

现代计算机网络的普及和高速发展使得通过计算机网络销售和购买商品成为计算机网络的重要功能之一。

我国政府已相当重视电子商务对经济的拉动作用,出台了一系列政策和规范引导电子商务发展;业界电子商务的发展也如火如荼,不仅涌现出许多平台类电子商务网站,也有越来越多有远见的传统企业开始进军电子商务领域。在这种大形势下,预期未来几年电子商务会保持快速发展之势。

5. 休闲娱乐

网络也同样改变了人们的休闲娱乐方式,越来越多的人开始利用网络游戏、网络音乐和网络视频进行休闲娱乐,网络休闲娱乐已成为互联网最主要的功能之一。

6. 人际交流

现在,计算机网络已经逐渐成为人际交流的重要工具。人们通过电子邮件和即时通信软件(如 QQ、微信)交流工作安排、学习计划、出行要求等,利用即时通信软件还可以进行语音通信和视频通信。尤其是网络流行的微信、微博、博客和论坛等,使得任何人都可以通过网络发布自己的观点和看法,也可以对别人的看法提出不同的意见。

1.2 / 计算机网络的体系结构

计算机网络是一个非常复杂的系统,要做到有条不紊地交换数据,每个节点必须遵守一些事先约定好的规则才能高度协调地工作。这些为在网络中进行数据交换而建立的规则、标准或约定就称为网络协议,它们是计算机网络不可缺少的组成部分。



1.2.1 计算机网络体系结构的概念

计算机网络体系结构(network architecture)是指计算机网络及其设备所应完成功能的一组抽象定义,是描述计算机网络通信方法的抽象模型结构。其思想是采用分层的设计方法,把复杂的网络互连问题划分为若干个较小的、单一的局部问题,在不同分层结构上予以解决。这些较小的局部问题总是比较易于研究和处理的,所以分层的目的是降低复杂性,提高灵活性。

在现实生活中处理一些复杂问题时,人们通常采用层次化的解决方式。例如,邮政服务的实现就是一种层次模型。当一个发信人要把一封信寄给一个收信人时,发信人要完成写信、装信封、送邮局 3 个环节,也就是 3 个层次;同样,收信人在收信时也要经过 3 个环节,即去邮局、拆信、读信,即 3 个层次。整个过程如图 1-2 所示。

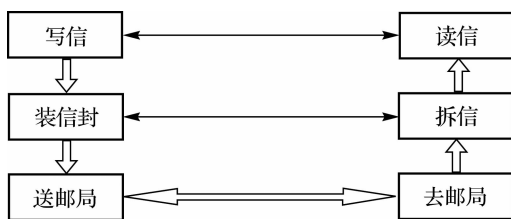


图 1-2 邮政服务的层次模型

层次化的优势在于可以将问题的解决分配到各层中去,每一层解决一个小问题,最终解决整个问题。如图 1-2 中发信方通过写信、装信封、送邮局 3 个层次完成发信的过程,而收信方通过去邮局、拆信、读信完成收信的过程。同时,各层次之间又保持着密切的联系,高层进行操作时会使用到低层的服务,但高层并不需要知道低层服务的具体实现方法。分层模型体现了对复杂问题采取“分而治之”的处理方式。

网络体系结构(network architecture)就是为了完成主机之间的通信,把网络结构划分为有明确功能的层次,并规定了同层次虚通信的协议及相邻层次之间的接口与服务。因此,网络的层次结构模型与各层协议和层间接口的集合统称为网络体系结构。

1.2.2 网络协议与分层体系结构

网络体系结构和网络通信协议是计算机网络的核心,要了解和理解计算机网络技术,就应该从网络通信协议和分层体系结构入手。

1. 网络通信协议

在计算机网络中,为了使网络设备之间能成功地发送和接收信息,必须制定相

互能接受并遵守的语言和规则,这些语言和规则的集合就称为网络通信协议(protocol),如 TCP/IP、SPX/IPX、NetBEUI 协议。网络通信协议通常包括所传输数据的格式、差错控制方式以及在计时与时序上的有关约定。网络通信协议主要由以下 3 个要素组成。

(1)语法(syntax):定义数据与控制信息的结构或格式,即做什么(what to do)。

(2)语义(semantics):定义需要发出何种控制信息、完成何种协议以及做出何种应答,即怎么做(how to do)。

(3)同步(timing):规定事件实现顺序的详细说明,确定通信状态的变化和过程,如通信双方的应答关系,即何时做(when to do)。

2. 分层体系结构

计算机网络是一个十分复杂的系统,将其分解为若干个容易处理的层次(layer),然后“分而治之”,这种结构化设计方法是工程设计中常见的手段。分层次是人们对复杂问题处理的基本方法,即将总体要实现的很多功能分配在不同的层次中,每个层次要完成的服务及服务实现的过程都有明确规定。不同的系统具有相同的层次,不同系统的同等层具有相同的功能,高层使用低层提供的服务时,并不需要知道低层服务的具体实现方法。

不同的计算机网络具有不同的体系结构,其层的数量、名称、内容和功能以及各相邻层之间的接口都不相同。但在不同的网络体系结构中,每一层都是为了向邻接上层提供一定的服务而设置的,且每一层都对上层屏蔽协议的具体实现细节。

层次结构的好处在于使每一层实现一种相对独立的功能。每一层不必知道下面一层是如何实现的,只要知道下层通过层间接口提供的服务是什么以及本层向上层提供什么样的服务,这样就能独立设计。系统经过分层后,每一层的功能相对简单且易于实现和维护。此外,若某一层需要改动,只要不去改变它和上下层的接口服务关系,就不会影响其他各层,因此具有很大的灵活性和可维护性。

计算机网络体系结构采用分层模型的优点如下。

(1)高层不需要知道低层是如何实现的,只需要知道低层所提供的服务,以及本层向上层提供的服务,各层独立性强。

(2)当任何一层发生变化时,只要层间接口不发生变化,那么这种变化就不会影响到其他层,适应性强。

(3)整个系统已被分解为若干个易于处理的部分,这种结构使得一个庞大而又复杂的系统实现和维护起来更容易。



(4)每层的功能与所提供的服务都有精确的定义和说明,有利于促进标准化。

1.2.3 层次结构的要点与划分原则

1. 层次结构的要点

如果用一个表达式来表示网络体系结构,那么其定义表达如下。

$$\text{网络体系结构} = \{\text{分层, 协议, 接口}\}$$

通过网络体系结构的表达式能够看出,网络体系结构就是层、协议和服务所构成的集合。网络体系结构说明了计算机网络层次结构应如何设置,以及应该如何对各层的功能进行精确的定义。它是抽象的,而不是具体的,其目的是在统一的原则下设计、建造和发展计算机网络。网络体系结构仅给出一般性指导标准和概念性框架,至于用何种硬件和软件来实现定义的功能,则不属于网络体系结构的范畴。可见,对同样的网络体系结构,可采用不同的方法,设计完全不同的硬件和软件,来实现相应层次的功能。

计算机网络都采用层次化的体系结构,由于计算机网络涉及多个实体间的通信,其层次结构一般以图 1-3 所示的垂直分层模型来表示。

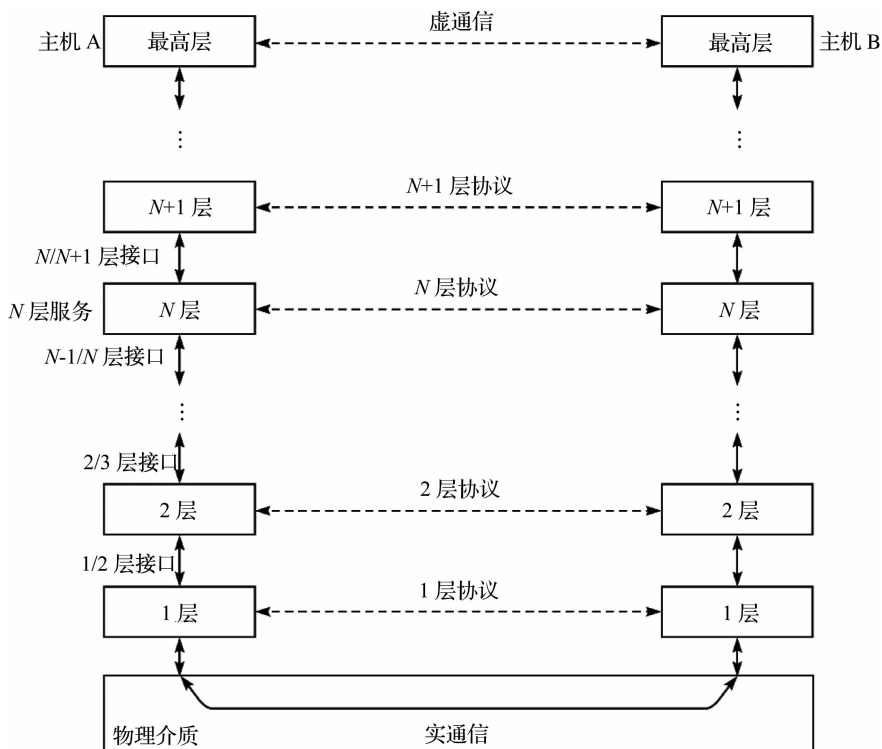


图 1-3 计算机网络的垂直分层模型

在一般分层结构中, N 层是 $N-1$ 层的用户,又是 $N+1$ 层的服务提供者。 $N+1$ 层虽然直接使用了 N 层提供的服务,实际上它还通过 N 层间接地使用了 $N-1$ 及其以下所有各层的服务。

这种层次结构的要点可归纳如下。

(1)除了在物理介质上进行的是实通信外,其余各对等实体间进行的都是虚通信。

(2)对等层的虚通信必须遵循该层的协议。

(3) N 层和 $N-1$ 层的虚通信是由 $N-1$ 层提供的服务来实现的。

2. 层次结构的划分原则

层次结构的划分一般要遵循以下原则。

(1)每层的功能应是明确的,并且是相互独立的。每个层次所要实现的功能或服务均有明确的规定。

(2)层间接口必须清晰,接口包含的信息量应尽可能少,接口功能要明确,以利于标准化。

(3)层的数量应适中。若层次太少,则多种功能混杂在一层中,造成每一层的协议太复杂;若层次太多,则体系结构过于复杂,使描述和实现各层功能变得困难。

1.3 / OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型

OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型是网络中的基本体系结构。本节将重点介绍 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的知识。

1.3.1 OSI 参考模型

在计算机网络产生之初,每个计算机厂商都有一套自己的网络体系结构的概念,它们之间互不相容。为此,国际标准化组织(ISO)在 1979 年建立了一个分委员会来专门研究一种用于开放系统互连(open systems interconnection, OSI)的体系结构。“开放”这个词表示:只要遵循 OSI 标准,一个系统可以和位于世界上任何地方的也遵循 OSI 标准的其他任何系统进行连接。开放系统互连(OSI)参考模型定义了连接不同计算机厂家的计算机的标准框架。



OSI 参考模型分为 7 层,从下往上分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层,如图 1-4 所示。

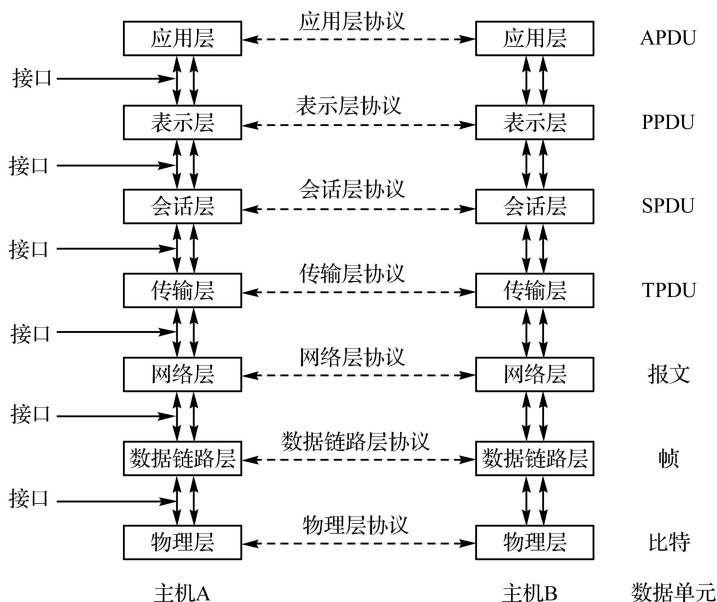


图 1-4 OSI 参考模型

1. 物理层

物理层是 OSI 参考模型的第一层(最低层),它是整个开放系统的基础。物理层为设备之间的数据通信提供传输介质及互连设备,为数据传输提供可靠的环境。物理层的介质包括双绞线、同轴电缆、光纤、无线信道等。

2. 数据链路层

数据链路层可以粗略地理解为数据信道。物理层为终端设备间的数据通信提供传输介质及其连接。介质是长期的,连接是有生存期的。在连接生存期内,收发两端可以进行不等的一次或多次数据通信。每次通信都要经历建立通信联络和拆除通信联络两个过程,这种建立起来的数据收发关系就称为数据链路。

在物理介质上传输的数据难免会受到各种不可靠因素的影响而产生差错,为了弥补物理层上的不足,并为上层提供无差错的数据传输,就要对数据进行检错和纠错。数据链路的建立、拆除和对数据的检错、纠错是数据链路层的基本任务。

3. 网络层

网络层建立网络连接,为上层提供服务,它的主要功能是:路由选择和中继,网络连接的建立和释放,在一条数据链路上复用多条网络连接(多采取分时复用技

术), 差错检测与恢复, 排序和流量控制, 服务选择及网络管理。

具有开放特性的网络中的数据终端设备都要配置网络层的功能。现在市场上销售的网络硬件设备主要有网关和路由器。

4. 传输层

传输层也称为运输层, 当网络层服务质量不能满足要求时, 传输层将网络层的服务加以提高, 以满足高层协议的要求; 当网络层服务质量较好时, 传输层提供的服务很少。

世界上各种通信子网在性能上存在很大差异。例如, 电话交换网、分组交换网、公用数据交换网、局域网等通信子网都可互连, 但它们提供的吞吐量、传输速率、数据延迟、通信费用等各不相同。对于会话层来说, 却要求提供一个性能恒定的接口, 传输层就承担了这一责任。

此外, 传输层还要具备差错恢复、流量控制等功能, 传输层面对的数据对象已不是网络地址和主机地址, 而是会话层的接口端口。

5. 会话层

会话层具备传输层不能完成的功能, 从而弥补了传输层的不足, 会话层的主要功能是会话管理、数据流同步和重新同步。要完成这些功能, 需要大量的服务单元模块, 目前制定的模块已有几十种。

6. 表示层

表示层的作用之一是为异构计算机通信提供一种公共语言, 以便能够进行互操作。之所以需要这种类型的服务, 是因为不同的计算机体系结构使用的数据表示方法不同。例如, IBM 主机使用 EBCDIC 编码, 而大部分 PC 使用的是 ASCII 编码。在这种情况下, 就需要表示层来完成这种编码之间的转换。

7. 应用层

应用层向应用程序提供服务, 这些服务按其向应用程序提供的特性分成组, 并称为服务元素。有些可为多种应用程序共同使用, 有些则为较少的一些应用程序使用。

应用层是开放系统中的最高层, 是直接为应用进程提供服务的。它的作用是在实现多个系统应用进程相互通信的同时, 完成一系列业务处理所需的服务。

应用层涉及虚拟终端 Telnet、文件传送与操作 FTP、远程数据库访问、图形核心系统、开放系统互连管理等。

由以上内容可知, OSI 7 层协议的 1~6 层主要用于解决通信和表示问题, 以实



现网络服务功能,而应用层则提供使用特定网络服务所需要的各种应用协议。

1.3.2 TCP/IP 参考模型

OSI 参考模型的诞生为清晰地理解互联网络带来了极大的方便。但是 OSI 参考模型过于复杂,难以完全实现。模型各层功能具有一定的重复性,效率较低;再加上 OSI 参考模型提出时,TCP/IP 已经逐渐占据主导地位,因此 OSI 参考模型并没有流行开来,也从来没有存在一个完全遵守 OSI 参考模型的协议族。

TCP/IP 起源于 20 世纪 60 年代末美国政府资助的一个分组交换网络项目,到 90 年代已发展成为计算机之间最常用的网络协议。它是一个真正的开放系统,因为协议族的定义及其多种实现可以免费或花很少的钱获得。它已成为全球互联网或因特网(Internet)的基础协议族。

与 OSI 参考模型相同,TCP/IP 模型也采用层次化结构,每一层负责不同的通信功能。但是 TCP/IP 协议简化了层次设计,只分为 4 层——应用层、传输层、网络层和网络接口层,如图 1-5 所示。

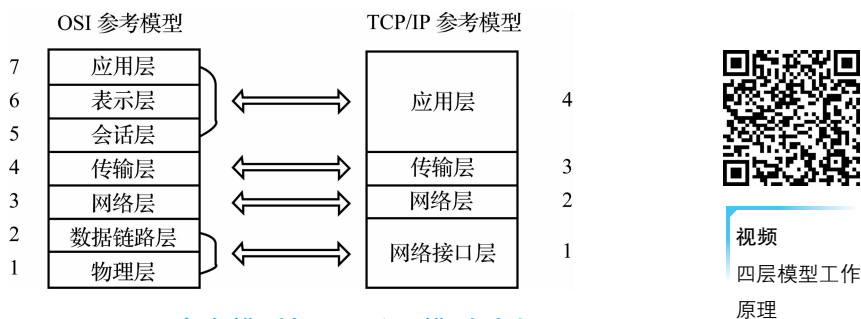


图 1-5 OSI 参考模型与 TCP/IP 模型对比图



视频
四层模型工作
原理

通过对比可以清楚地看出,TCP/IP 模型的应用层综合了 OSI 参考模型中的应用层、表示层和会话层,传输层和网络层分别对应 OSI 参考模型的传输层和网络层,而网络接口层是 OSI 参考模型中的数据链路层和物理层的集合。

1. 网络接口层

TCP/IP 本身对网络层之下并没有严格的描述,但是 TCP/IP 主机必须使用某种下层协议连接到网络,以便进行通信。而且,TCP/IP 必须运行在多种下层协议上,以便实现端到端的网络通信。TCP/IP 的网络接口层正是负责处理与传输介质相关的细节,为上层提供一致的网络接口。因此,TCP/IP 模型的网络接口层大体对应于 OSI 参考模型的数据链路层和物理层,通常包括计算机和网络设备的接口驱

动程序和网络接口卡等。

TCP/IP 可以基于大部分局域网和广域网技术运行,这些协议便可以划分到网络接口层。典型的网络接口层技术包括常见的以太网、光纤分布式数据接口(fiber distributed data interface, FDDI)和令牌环(token ring)等局域网技术,用于串行连接的串行线路 IP(serial line IP, SLIP)、高级数据链路控制(high level data link control, HDLC)和点到点协议(point to point protocol, PPP)等技术,以及常见的 X.25、帧中继(frame relay)和异步传输模式(asynchronous transfer mode, ATM)等分组交换技术。

2. 网络层

网络层是 TCP/IP 体系的关键部分,它的主要功能是使主机能够将信息发往任何网络并传送到正确的目标。

基于这些要求,网络层定义了主要包格式及其协议——互联网协议(Internet protocol, IP)。网络层使用 IP 地址(IP address)标识网络节点;使用路由协议(routing protocol)生成路由信息,并根据这些路由信息实现包的转发,使包能够准确地发送到目的地;使用 ICMP、IGMP 这样的协议管理网络。TCP/IP 网络层在功能上与 OSI 网络层极其相似。

3. 传输层

传输层主要为两台主机上的应用程序提供端到端的连接,使源端、目的端主机上的对等实体可以进行会话。

在 TCP/IP 协议族的传输层协议主要包括 TCP(transmission control protocol)和 UDP(user datagram protocol)。其中, TCP 是面向连接的,可以保证通信两端的可靠传递,支持乱序恢复、差错重传和流量控制;而 UDP 是无连接的,它提供非可靠性数据传输,数据传输的可靠性由应用层保证。

4. 应用层

TCP/IP 模型没有单独的会话层和表示层,其功能融合在 TCP/IP 应用层中,应用层直接与用户和应用程序打交道,负责对软件提供接口,以使程序能使用网络服务。这里的网络服务包括文件传输、文件管理、电子邮件的消息处理等。典型的应用层协议包括 Telnet、FTP、SMTP、SNMP 等。

Telnet(telecommunications network)具有双重含义,既指这种应用,也指协议自身。Telnet 给用户提供了一种通过连网的终端登录远程服务器的方式。

FTP(file transfer protocol, 文件传输协议)是用于文件传输的 Internet 标准。



FTP 支持文本文件(如 ASCII、二进制等)和面向字节流的文件结构。FTP 使用传输层协议 TCP 在支持 FTP 的终端系统间执行文件传输,因此,FTP 被认为提供了可靠的面向连接的文件传输能力,适合远距离、可靠性较差的线路上的文件传输。

SMTP(simple mail transfer protocol,简单邮件传输协议)支持文本邮件的 Internet 传输。所有的操作系统具有使用 SMTP 收发电子邮件的客户端程序,绝大多数 Internet 服务提供者使用 SMTP 作为其输出邮件服务的协议。SMTP 被设计成在各种网络环境下进行电子邮件信息传输的工具。实际上,SMTP 真正关心的不是邮件如何被传送,而是邮件能否顺利到达目的地。SMTP 具有健壮的邮件处理特性,这种特性允许邮件依据一定标准自动路由。SMTP 具有当邮件地址不存在时立即通知用户的能力,并且具有把在一定时间内不可传输的邮件返回发送方的特点。

SNMP(simple network management protocol,简单网络管理协议)负责网络设备监控和维护,支持安全管理、性能管理等。



思考与练习

1. 计算机网络是如何分类的?
2. 试说明无线网络在日常生活中的应用。
3. 计算机网络的发展过程是怎样的?
4. 简述互联网今后的发展方向。



模块 2

局域网组网设备

在局域网组网中,首先要熟悉的是局域网组网设备,即组网硬件。局域网的组网设备可以概括地分为传输介质和相关的连接设备两类。其中,传输介质主要有双绞线、同轴电缆、光纤等。相关的连接设备主要有网卡、集线器、交换机、路由器和服务器等。本模块将详细讲解局域网传输的介质与常用的网络设备。

2.1 / 局域网传输介质

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。

2.1.1 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。双绞线本身是一对扭合在一起的绝缘导线,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。

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

1. 非屏蔽型双绞线

非屏蔽型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. 屏蔽型双绞线

屏蔽型双绞线对来自电缆外部的电磁干扰较非屏蔽型双绞线有更强的抵御能力,适合于恶劣的环境或保密性要求较高的环境,但屏蔽型双绞线的价格也较高。

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 个级别,如表 2-1 所示。

表 2-1 双绞线的级别

类 别	性 能
1 类	适于进行声音传输,不适于进行数据传输
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,所以不适用于网络
3 类	可传送 10 Mb/s 的声音或数据,一般用于 10Base-T 网络中
4 类	可用于 16 Mb/s 令牌环网或大型 10Base-T 网络
5 类	可用于 100 Mb/s 的高速网络

各级双绞线向后兼容。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级别,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型双绞线布线系统。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、信道和永久链路做了具体要求,它提供是超 5 类两倍的带宽,改善了在串扰以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。它必须配有支持屏蔽功能的特殊连接器和相应的安装技术。

双绞线除了上面的物理特性,还具有以下特性。

1) 传输特性

双绞线既可以用于传输模拟信号,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的;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

双绞线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速率下传输距离可达1 km。但是在10 Mb/s或100 Mb/s速率下的10Base-T和100Base-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,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,双绞线相对价格最低。

2.1.2 光纤

光纤在几年前还是非常昂贵的,但现在正大步走近人们的生活。例如,一些大城市已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使用光纤,以保证数据高速和高质量的传输,而在分支网络中使用双绞线或同轴电缆。光纤的结构如图2-1所示。

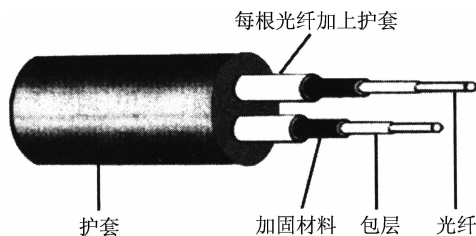


图 2-1 光纤结构示意图

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 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。每一根纤维都有自己的包层,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,它包着一根或一束已加包层的光纤。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,其剖面如图 2-2 所示。

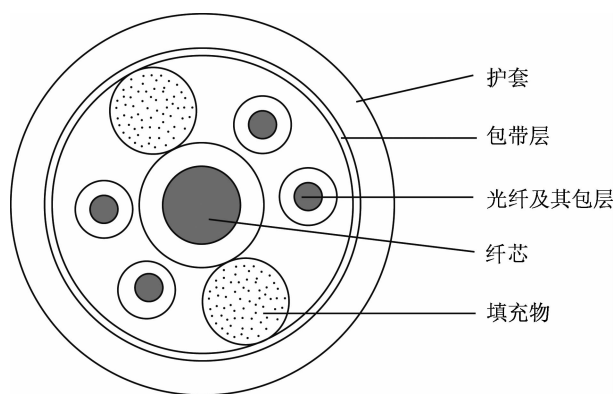


图 2-2 光纤剖面结构

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

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 2-3 所示。在无中继条件下,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 2-3 多模传输示意图



(2)单模光纤:纤芯非常细,芯径约为 $9\sim 10\ \mu\text{m}$,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 2-4 所示。在无中继条件下,传播距离可达几十千米,采用激光管(LD)作为光源。

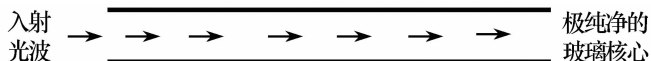


图 2-4 单模传输示意图

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,切割光纤也需要专门为其设计的精密工具。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,所以它提供了很高的安全性。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:它利用光学原理,具有良好的抗干扰性,不受任何强电磁的影响,安全性很好。

(5)价格:比较昂贵,在有线介质中,光纤的价格最高。

2.1.3 同轴电缆

1. 同轴电缆的结构

同轴电缆分为 4 层,按“同轴”形式构成,如图 2-5 所示。

同轴电缆的 4 层从里向外分别如下。

(1)内导体铜芯线。金属导体,用于传输数据。

(2)绝缘体。用于内芯与屏蔽层间的绝缘。

(3)外导体屏蔽线。金属导体,用于屏蔽外部的干扰。

(4)塑料保护外层。用于保护电缆。

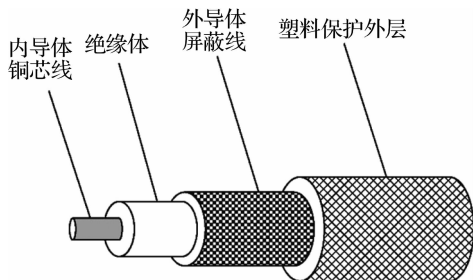


图 2-5 同轴电缆的结构

2. 同轴电缆的物理特性

同轴电缆的内芯一般是铜质的,能提供良好的传导率。同轴电缆分为基带同轴电缆和宽带同轴电缆两类。

(1)基带同轴电缆。基带同轴电缆采用基带传输,即采用数字信号进行传输,用于构建 LAN。常用的基带同轴电缆有以下两种。

①50 Ω ,RG-8 和 RG-11(用于粗缆以太网)。

②50 Ω ,RG-58(用于细缆以太网)。

(2)宽带同轴电缆。宽带同轴电缆(75 Ω ,RG-59)采用宽带传输,即采用模拟信号进行传输,用于构建有线电视网。

3. 同轴电缆的其他特性

(1)传输特性。基带同轴电缆用于传输数字信号,采用曼彻斯特编码,其速率最高可达 10 Mb/s。宽带同轴电缆既可以传输模拟信号,也可以传输数字信号。

(2)连通性。可用于点到点连接和多点连接。

(3)地理范围。典型的基带同轴电缆的最大传输距离为几千米,但是在 10BASE-5 粗缆以太网中,其传输距离最大为 500 m,在 10BASE-2 细缆以太网中,传输距离最大为 185 m。宽带同轴电缆的最大传输距离为十几千米。

(4)抗干扰性。通常高于双绞线。

(5)价格。同轴电缆不易弯曲,其安装成本比非屏蔽双绞线要高,但是低于光纤的安装成本。

小提示:

目前,同轴电缆多用于有线电视信号传输方面,即大部分采用数字信号的高清电视数据都是通过同轴电缆传输的。有些小区也利用同轴电缆提供广域网接入服务。



2.1.4 无线通信介质

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,无线局域网的应用也越来越广泛。

无线通信使用特定频率的电磁波作为传输介质进行通信,可以避免有线介质的限制,从而组成无线局域网。目前计算机网络中常用的无线传输介质包括以下几种。

1. 无线电短波通信

在一些电缆难于通过或施工困难的场合,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情况,铺设电缆或光纤既昂贵又费时。若利用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,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,通过基站在本小区的用户移动台之间建立通信。小区覆盖的半径较小,一般为 1~20 km,因此可以用较小的发射功率实现双向通信。由若干个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将大大增加。

3. 微波通信

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,同时,其传播距离与天线的高度有关,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

1945 年,英国人阿塞·C·克拉克提出了利用卫星进行通信的设想。由于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,因此获得了迅速的发展,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 颗这样的卫星均匀沿轨道分开,就可以覆盖整个地球表面。

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,因此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. VSAT 卫星通信

VSAT(very small aperture terminal,甚小口径终端)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,能单、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 2-6 所示。

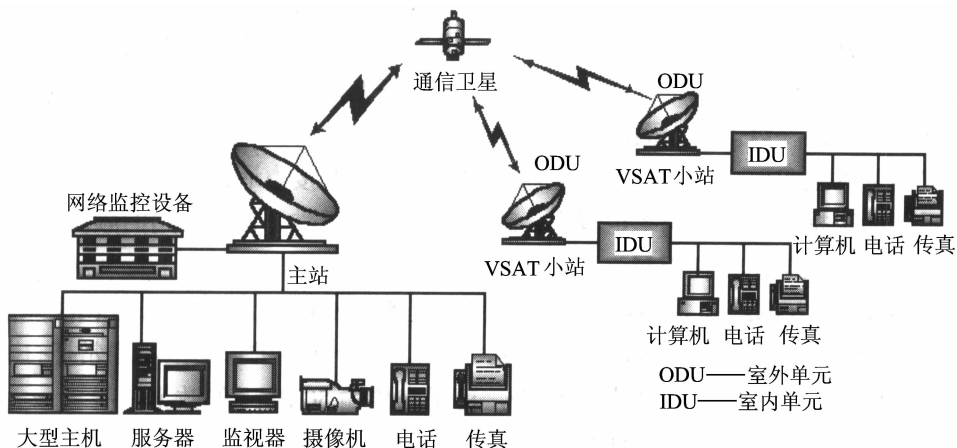


图 2-6 VSAT 网络组成

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。红外线链路由一对收发器组成,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特许,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,所以必须经过特许才能安装。

2.2 / 常用的网络设备

2.2.1 网卡

网卡(network interface card, NIC)也称网络适配器,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为帧(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,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 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. 网卡的构造

网卡的构造如图 2-7 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。

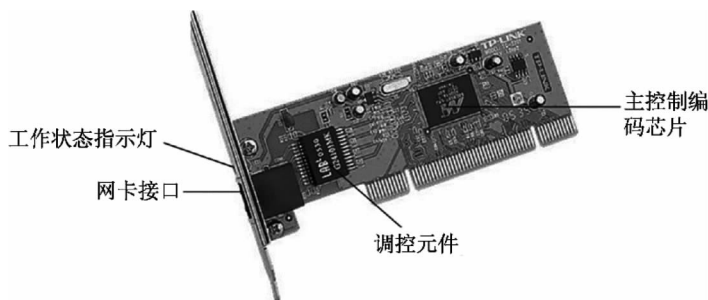


图 2-7 网卡的构造

(1)主控制编码芯片。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)和光纤接口等几种。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中。随着千兆以太网技术的发展,出现了光纤接口网卡。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,但有了无线网卡也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 2-8 所示为两种常见的无线网卡。

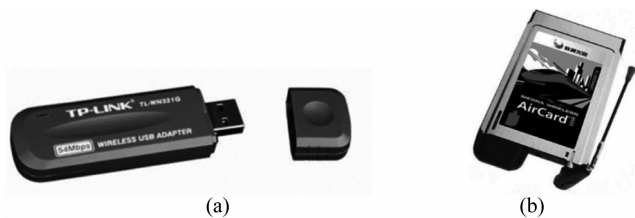


图 2-8 两种常见的无线网卡

4. 安装网卡

网卡的安装通常可分为两个过程:安装硬件设备和安装网卡驱动程序。下面简单介绍这两个过程的操作。

(1)安装硬件设备。网卡根据总线类型可分为 ISA 网卡、PCI 网卡、PCMCIA 网卡和 USB 网卡,其中,PCMCIA 网卡和 USB 网卡的安装相对简单,而 ISA 网卡和 PCI 网卡的安装相对复杂。安装 ISA 网卡和 PCI 网卡的过程相同,简单归纳为以下几步。

①关闭计算机并断开电源,打开机箱后盖。

②在主板上找到与要安装网卡相适应的插槽。

③用螺丝刀将插槽后面对应的挡板去掉。

④将网卡轻轻放入对应的插槽内,然后两手将网卡垂直压入插槽。压的过程要稍微用些力,两手用力要均匀,保证网卡的两端与插槽接触良好,直到网卡的引脚全部压入插槽中为止。

⑤用螺丝将网卡固定好,然后盖好机箱。

注意:

安装网卡硬件之前应注意消除静电:一方面消除人体的静电,如用手摸一摸接地设备;另一方面消除螺丝刀的静电,如在其他金属上擦拭几下。这样可以保证计算机中的部件不至于被静电损坏。

(2)安装网卡驱动程序。根据网卡是否支持即插即用的功能,又分为即插即用网卡和非即插即用网卡。现在市场上销售的基本上都是即插即用的,这种类型网卡插入机箱后,一旦启动计算机,操作系统就会自动找到该网卡并安装相应的驱动程序。由于该过程非常简单,这里不再赘述。

在完成硬件设备和网卡驱动程序的安装后,即可进入系统设备管理器查看网卡的安装情况,如图 2-9 所示。若在图中的网络适配器的节点前出现问号图标,则表示网卡没有被正常安装。这时,就需要查找原因后进行正确的安装。



图 2-9 设备管理器

2.2.2 交换机

交换机是目前局域网中最常用的网络设备。下面主要介绍交换机的基本概念、交互方式及其主要技术参数。

1. 交换机的基本概念

交换机又称以太网交换机或第二层交换机，其工作在数据链路层，如图 2-10 所示。



图 2-10 交换机

目前，以太网交换机厂商根据网络功能应用与市场需求，还推出了三层甚至四层交换机。交换机的工作原理与网桥一致，但网桥一般仅有 2~4 个接口，而交换机通常有十几个接口，因此，交换机实质上是一个多接口的网桥。为了提高局域网的数据传输速率，以太网交换机一般采用全双工工作方式。对于普通的 100 Mb/s 的共享式以太网，若有 N 个用户，则每个用户占有的平均带宽只有总带宽的 $1/N$ ，而在利用全双工交换机后，虽然接入带宽仍是 100 Mb/s，但由于每个端口可同时收发数据并在设备内部为用户通信提供独占的带宽，所以每个用户均可享受到 100 Mb/s 的数据传输服务，从而大大提高了网络的传输能力。同时，由于交换机内部采用



独占信道的方式传输数据,采用全双工交换机的以太网中不存在介质访问控制问题。

2. 交换机的交换方式

(1)直通方式。交换机端口在收到数据的前 14 B 后,得到数据帧的目的地址,就立即将数据帧发往连接目的地址的端口中,实现从输入端口到输出端口的短接。两个端口在交换机内部形成一个通路,一边接收一边转发,因此形象地称为直通方式。该方式的优点是延迟小,交换速度快;缺点是无法进行冲突检测和差错处理。

(2)存储-转发方式。交换机在数据帧全部接收完毕后,对数据帧进行差错检测和纠错处理,然后将其转发到对应的输出端口中。该方式的优点是可进行冲突检测和差错处理,并保证转发的数据帧均是有效帧;缺点是延迟大,交换速度慢。

(3)自适应方式。根据网络状态将交换机的工作模式在直通方式和存储-转发方式之间进行切换。

目前,绝大多数交换机均提供上述三类数据交换方式,可由网络管理员选择设置。

与网桥相比,交换机同样具备帧转发、过滤和生成树算法功能,其路径选择方式同透明网桥一样利用逆向学习算法自动填充和更新转发表。但两者还是存在几点不同:交换机是高密度端口的特殊网桥,相当于多个网桥功能的集合;由于端口数量多,交换机具备更强的网络分段能力;全双工的工作方式和更多的数据交换方式使得交换机具备更高的数据传输速率。

3. 交换机的主要技术参数

交换机是网络系统中的核心设备,其每一个参数都会影响网络的性能。下面介绍交换机的主要技术参数。

(1)转发技术。根据转发技术的差异,交换机有直通式、存储-转发式等转发方式。不同的转发方式适用于不同的环境,应根据需要选择相应转发方式的交换机。低端交换机一般只有存储-转发或直通式一种转发方式。中高档的交换机一般兼具这两种方式,并具有智能转换功能,能根据网络情况自动转换转发方式。如果网络对数据传输速率要求不太高,可选择存储-转发式的交换机;如果对传输速率要求较高,可选择直通式交换机。

(2)延时。交换机延时是指从交换机接收到数据包至开始向目的端口复制数据包之间的时间间隔。有许多因素会影响延时的大小,如转发技术。采用直通转发技术的交换机有固定的延时,因为直通式交换机不管数据包的整体大小,而只根据目

的地址来决定转发方向。所以它的延时是固定的,取决于交换机解读数据包前6字节中目的地址的速率。采用存储-转发技术的交换机由于必须要接收到完整的数据包后才开始转发,所以它的延时与数据包大小有关。数据包大,则延时大;数据包小,则延时小。

(3)管理功能。交换机的管理功能是指交换机如何控制用户访问它,以及用户对交换机的可视程度如何。通常,交换机厂商都提供管理软件或满足第三方管理软件远程管理交换机。一般的交换机都能满足 SNMP MIB I /MIB II 统计管理功能,而复杂一些的交换机还会通过内置 RMON 组(miniRMON)来支持 RMON 主动监视功能。有的交换机还允许外接 RMON 监视可选端口的网络状况。

(4)MAC 地址数量。不同交换机的每个端口所能支持的 MAC 地址数量是不同的,交换机的每个端口都配有一定数量的内存,用于记忆多个 MAC 地址,从而记忆该端口所连接站点的情况。

内存容量的大小限制了这个交换机所能提供的交换地址数量。当某源端口所容纳的 MAC 地址超过了内存的容量时,目的站点的 MAC 地址很可能没有保存在该端口的 MAC 地址列表中。这时,帧将被以广播方式发送到交换机的所有端口。这种情况如果频频发生,会在很大程度上影响网络数据的传输效率。

在中小型网络中,由于计算机和网络设备有限,所以交换机能够记忆 1 024 个 MAC 地址即可,一般的交换机都能够满足这个要求。

(5)背板带宽。交换机的背板带宽是指交换机接口处理器或接口卡和数据总线间的最大数据吞吐量。背板带宽标识了交换机总的交换能力,单位为 Gb/s,也称交换带宽,一般交换机的背板带宽从几 Gb/s 到上百 Gb/s 不等。一台交换机的背板带宽越高,处理数据的能力就越强,但同时设计成本也会越高。

(6)全双工。全双工端口可以同时发送和接收数据,但这要求交换机和所连接的设备都支持全双工工作方式。具有全双工功能的交换机具有以下优点。

①高吞吐量(throughput):是单工模式的通信吞吐量的两倍。

②避免碰撞(collision avoidance):没有发送/接收碰撞。

③突破长度限制(improved distance limitation):由于没有碰撞,所以不受 CSMA/CD 链路长度的限制。通信链路的长度限制只与物理介质有关。

④现在支持全双工通信的协议有快速以太网、千兆以太网和 ATM。

(7)高速端口集成。交换机可以提供高带宽“管道”(固定端口、可选模块或多链路隧道)满足交换机的交换流量与上级主干的交换需求,防止出现主干通信瓶颈。



常见的高速端口如下。

- ①FDDI:应用较早,范围广,但有协议转换花费。
- ②快速以太网/吉比特以太网:连接方便,协议转换费用少,但受到网络规模限制。
- ③ATM:可提供高速交换端口,但协议转换费用大。

2.2.3 路由器

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. 路由器的概念

路由器是一种连接多个网络或网段的网络设备,它工作在 OSI 参考模型中的网络层,它能将不同网络或网段之间的数据信息进行“翻译”,以使它们能够相互“读懂”对方的数据,从而构成一个更大的网络。路由器上有多个端口,每个路由器的端口可以分别连接到不同的网段上,或者连接到另一台路由器上。如图 2-11 所示为一款路由器的外观。



图 2-11 路由器

2. 路由器的主要参数

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、时延、背靠背帧数、时延抖动、用户可用插槽数、服务质量能力、网络管理等。

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。吞吐量主要包括两方面内容:

(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 数据包头或多协议标签交换(multi-protocol label

switching, MPLS) 标记选择路由, 其性能指标是指每秒钟转发数据包的数量。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。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 上执行边界网关协议 (border gateway protocol, BGP) 的路由器通常拥有数十万条路由表项, 因此, 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 个内部网关协议 (interior gateway protocol, IGP) 邻居。

3) 背板能力

背板是输入/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, 背板能力通常大于依据吞吐量和数据包长所计算的值。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。丢包率通常用作衡量路由器在超负荷工作时的性能, 它与数据包长度以及包发送频率相关。

5) 时延

时延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从路由器输出的时间间隔, 此时间间隔是以存储-转发方式工作的路由器的处理时间。时延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冲能力。具有全双工转发能力的路由器背靠背帧数无限大。

7) 时延抖动

时延抖动是指时延变化。数据业务对时延抖动不敏感, 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

用户可用插槽数指标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系统板专用槽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随机先期检测 (RED)、加权随机先期检测 (WRED)、加权轮循调度 (WRR)、加权公平排队 (WFQ)、加权公平流排队 (WF2Q) 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。网管粒度是指路由器管理的精细程度,它可能会影响路由器的转发能力。

3. 路由器的工作原理

路由器的主要功能是实现数据包的寻址和转发。其中,寻址就是寻找数据包要到达的目的地址和到达该目的地址的最佳路径,这主要由路由选择协议(Internet 上大量运行的路由协议主要有路由信息协议 RIP、开放最短路径优先协议 OSPF 和 BGP) 来实现。转发就是沿着寻找的最佳路径将数据传送到目的地址。如图 2-12 所示,当网段 1 中的计算机 1 将数据发送给网段 2 中的计算机 2 时,需要经过多个路由器,且存在多条可选择的路径,通过路由选择协议算法选择一条最佳路径进行数据传送。

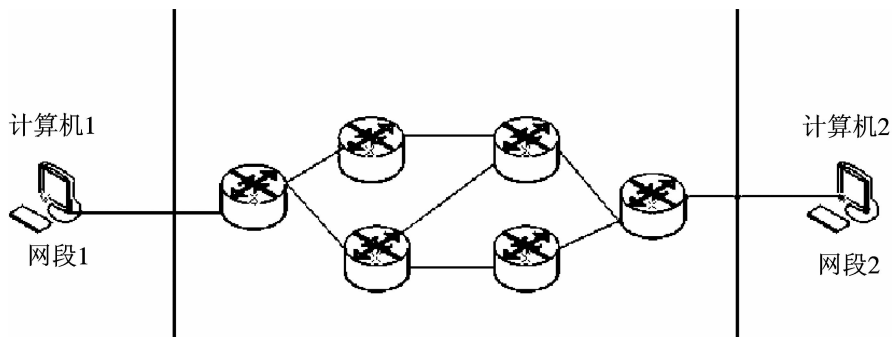


图 2-12 最佳路径选择

寻找最佳路径是基于路由器中保存了一个可路由信息的路由表。每个路由表中主要包含每个目标网络的 IP 地址、下一个路由器以及跳步数等信息。其中，“下一个路由器”是指距离最终目的地址最近的相邻路由器的 IP 地址，数据到达目的地址必须经过该路由器。跳步是指数据包必须经过的每一个中间路由器的个数。简单地说，路由器将从数据链路层接收到的数据帧的帧头中包含的源主机和目的主机的 MAC 地址剥去，然后根据数据包中的网络层的源 IP 地址和目的 IP 地址，查询路由器中的路由表，根据路由表中的信息决定将数据包转发到相应的目标网络。

路由器将广播消息限制在各个子网内部，而不转发广播消息，这样保持各个网络的相对独立性，并且可以将各个网络互连。对于通过路由器连接的不同网络，当一个网络向其他网络发送数据包时，该数据包首先被发送到路由器，然后路由器再将数据包转发到相应的网络上。

2.2.4 其他组网设备

除了以上介绍的主要局域网组网设备外，在局域网组网过程中，还经常用到的设备有服务器、中继器和网桥等。

1. 服务器

服务器是一种高性能的计算机，作为网络中的节点，负责存储、处理网络上 80% 的数据信息。服务器的构成与计算机基本相似，有处理器、硬盘、内存等，它们是针对具体的网络应用特别定制的。与计算机相比，服务器的处理能力、稳定性、可靠性、扩展性、存储容量都强大得多。

2. 中继器

中继器(repeater)是 OSI 参考模型中物理层的设备，它可以将局域网的一个网段和另一个网段连接起来，起到信号放大和延长信号传输距离的作用。信号在传输过程中会逐渐衰减并受到噪声的干扰，使用中继器可对模拟或数字信号进行放大，保证传输的数据不变，但缺点在于它同时也将噪声进行了放大。另外，中继器还有一个缺点：它没有信号纠错功能。

3. 网桥

网桥是工作在 OSI 参考模型中数据链路层的网络连接设备。网桥的每个端口连接一个局域网网段，常用于将共享带宽的、计算机节点数较多的局域网分为两个局域网网段，以减少计算机在网络中传输数据时可能发生的冲突。



网桥对与它连接的每个网段上传输的数据进行监听,网桥中保存了网桥端口和与该端口连接的网段中计算机的网络节点地址(又称为介质访问控制地址)。如果所传输的数据帧的目的地址与源地址处于同一个网段中,则网桥丢弃该数据帧,但如果数据帧的目的地址与源地址不在同一个网段中,则网桥会将该数据帧转发到和目标网段相连的端口。



思考与练习

1. 试说明各种传输介质的优缺点。
2. 试着比较一下路由器与交换机有什么相同点,又有什么不同点,形成一个表格。
3. 试着制作双绞线并测试。