

第 1 章 计算机网络概述

本章简介：在介绍计算机网络基本概念的基础之上，对计算机网络及其典型应用——Internet 的产生与发展、计算机网络的分类、计算机网络拓扑类型与特点、计算机网络的体系结构、以及计算机网络的组成进行了系统的讨论，使读者对计算机网络及 Internet 技术建立起一个全面的认识。

本章重点难点：

重点：计算机网络的分类；

重点：Internet 的产生与发展；

重点：计算机网络的功能和拓扑结构

难点：分组交换技术；

难点：计算机网络的体系结构；

难点：计算机网络的系统组成。

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 什么是计算机网络？

21 世纪是信息高速发展的社会，网络已经深入到生活的方方面面。那么，什么是计算机网络呢？计算机网络的定义没有统一的标准，在计算机网络发展过程的不同阶段，人们对计算机网络提出了不同的定义。从目前计算机网络的特点来看，资源共享的观点比较准确地描述计算机网络的基本特征。

资源共享观点将计算机网络定义为“以能够相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合”。

1.1.2 计算机网络的功能

1. 资源共享

计算机的许多资源是十分昂贵的，不可能为每个用户所拥有。计算机网络建立的主要目的是实现计算机网络资源的共享，这些可共享的资源主要包括硬件、软件和数据。网络用户不但可以使用本地计算机资源，而且可以通过网络访问互联网的远程计算机资源。还可以调用网络中的几台计算机共同完成某项任务。

2. 数据交换和通信

计算机网络为文字信件、新闻消息、咨询信息、图片资料、报纸版面等信息提供快速在计算机与终端、计算机与计算机之间进行传递的渠道。利用这一特点，可实现将分散在各个地区单位或部门的信息用计算机网络联系起来，进行统一的调配、控制和管理。

3. 提高性能

网络中的每台计算机都可通过网络相互成为后备机。一旦某台计算机出现故障，它的任务就可由其他的计算机代为完成，这样可以避免在单机情况下，一台计算机发生故障引起整

个系统瘫痪的现象，从而提高系统的可靠性。而当网络中的某台计算机负担过重时，网络又可以将新的任务交给较空闲的计算机完成，均衡负载，从而提高了每台计算机的可用性。

4. 分布处理与均衡负载

当某台计算机负担过重时，或该计算机正在处理某项工作时，网络可将新任务转交给空闲的其他计算机来完成，这样处理能均衡各计算机的负载，提高处理问题的实时性。对大型综合性问题，可将问题各部分交给不同的计算机分头处理，充分利用网络资源，扩大计算机的处理能力，即增强实用性。对解决复杂问题来讲，多台计算机联合使用并构成高性能的计算机体系，这种协同工作、并行处理要比单独购置高性能的大型计算机便宜得多。

1.2 计算机网络的形成与发展

1.2.1 以主机为中心的联机系统

计算机网络主要是计算机技术和信息技术相结合的产物，它从 20 世纪 50 年代起步至今已经有 50 多年的发展历程，在 20 世纪 50 年代以前，因为计算机主机相当昂贵，而通信线路和通信设备相对便宜，为了共享计算机主机资源和进行信息的综合处理，形成了第一代的以单主机为中心的联机终端系统。如图 1.1 所示。

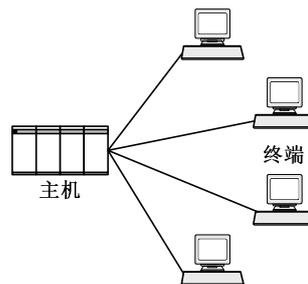


图 1.1 以主机为中心的联机系统

在第一代计算机网络中，因为所有的终端共享主机资源，因此终端到主机都单独占一条线路，所以使得线路利用率低，而且因为主机既要负责通信又要负责数据处理，因此主机的效率低，而且这种网络组织形式是集中控制形式，所以可靠性较低，如果主机出问题，所有终端都被迫停止工作。面对这样的情况，当时人们提出这样的改进方法，就是在远程终端聚集的地方设置一个终端集中器，把所有的终端聚集到终端集中器，而且终端到集中器之间是低速线路，而终端到主机是高速线路，这样使得主机只要负责数据处理而不要负责通信工作，大大提高了主机的利用率。如图 1.2 所示。

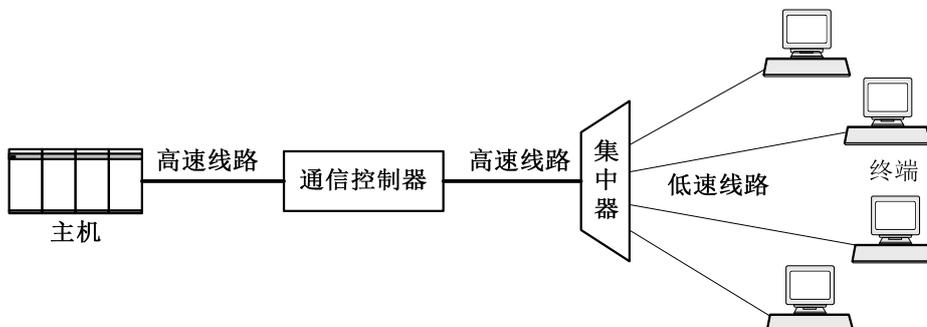


图 1.2 以主机为中心的联机系统的改进

1.2.2 计算机——计算机网络

随着计算机的普及和价格的降低以及计算机应用的发展，20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期，出现了许多计算机通过通信系统互连的系统，开创了“计算机——计算机”的通信时代，这样，分布在不同地理位置且具有独立功能的计算机就可以通过通信线路连接起来，相互之间交换数据、传递信息。如图 1.3 所示。

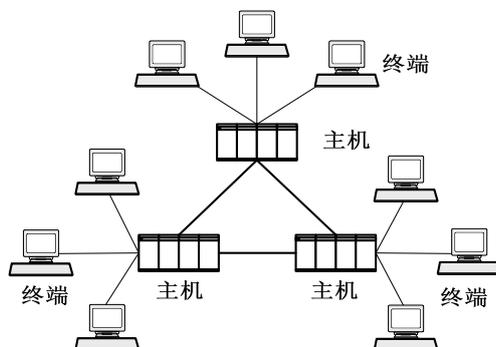


图 1.3 计算机——计算机网络

1.2.3 分组交换技术的产生

计算机技术发展到一定程度，人们除了打电话直接沟通外，还可以通过计算机和终端实现计算机与计算机之间的通信，但当时传输线路质量不高、网络技术手段还比较单一。因此，人们开始研究一种新的长途数字数据通信的体系结构形式：分组交换。

分组交换由 Donald Davies 和保罗·巴兰在 1960 年代早期发明。有人认为伦纳德·克兰罗克也是分组交换的发明者，但是 Davies 在去世之前争辩这一点并指出，克兰罗克的研究实际上是关于排队论，也就是分组交换的关键理论基础。克兰罗克出版的著作中未显著提到把用户消息分割成段，并通过网络分别发送他们，这是巴兰和 Davies 最重要的创新。

分组交换将用户通信的数据划分成多个更小的等长数据段，在每个数据段的前面加上必要的控制信息作为数据段的首部，每个带有首部的数据段就构成了一个分组。首部指明了该分组发送的地址，当交换机收到分组之后，将根据首部中的地址信息将分组转发到目的地，这个过程就是分组交换。能够进行分组交换的通信网被称为分组交换网。

分组交换的本质就是存储转发，它将所接受的分组暂时存储下来，在目的方向路由上排队，当它可以发送信息时，再将信息发送到相应的路由上，完成转发。其存储转发的过程就是分组交换的过程。如图 1.4 所示。

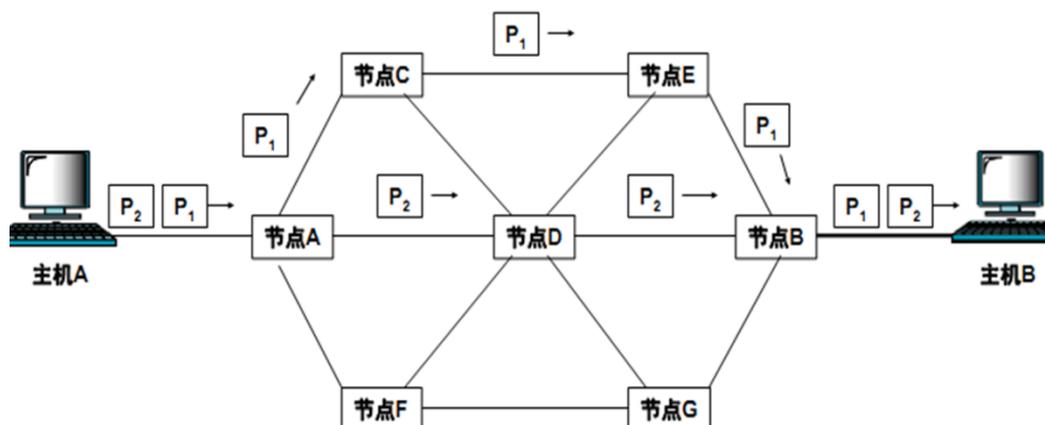


图 1.4 分组交换

进行分组交换的通信网称为分组交换网。从交换技术的发展历史看，数据交换经历了电

路交换、报文交换、分组交换和综合业务数字交换的发展过程。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。分组交换在线路上采用动态复用技术传送按一定长度分割为许多小段的数据—分组。每个分组标识后，在一条物理线路上采用动态复用的技术，同时传送多个数据分组。把来自用户发端的数据暂存在交换机的存储器内，接着在网内转发。到达接收端，再去掉分组头将各数据字段按顺序重新装配成完整的报文。分组交换比电路交换的电路利用率高，比报文交换的传输时延小，交互性好。

分组交换网是继电路交换网和报文交换网之后一种新型交换网络，它主要用于数据通信。分组交换是一种存储转发的交换方式，它将用户的报文划分成一定长度的分组，以分组为存储转发，因此，它比电路交换的利用率高，比报文交换的时延要小，而具有实时通信的能力。分组交换利用统计时分复用原理，将一条数据链路复用成多个逻辑信道，最终构成一条主叫、被叫用户之间的信息传送通路，称之为虚电路(V.C)实现数据的分组传送。

分组交换网具有如下特点：

- (1) 分组交换具有多逻辑信道的能力，故中继线的电路利用率高；
- (2) 可实现分组交换网上的不同码型、速率和规程之间的终端互通；
- (3) 由于分组交换具有差错检测和纠正的能力，故电路传送的误码率极小；
- (4) 分组交换的网络管理功能强。

分组交换的基本业务有交换虚电路(SVC)和永久虚电路(PVC)两种。交换虚电路如同电话电路一样，即两个数据终端要通信时先用呼叫程序建立电路(即虚电路)，然后发送数据，通信结束后用拆线程序拆除虚电路。永久虚电路如同专线一样，在分组网内两个终端之间在申请合同期间提供永久逻辑连接，无需呼叫建立与拆线程序，在数据传输阶段，与交换虚电路相同。

分组交换数据网是由分组交换机、网路管理中心、远程集中器、分组拆装设备以及传输设备等组成。

分组交换的思想来源于报文交换，报文交换也称为存储转发交换，它们交换过程的本质都是存储转发，所不同的是分组交换的最小信息单位是分组，而报文交换则是一个个报文。由于以较小的分组为单位进行传输和交换，所以分组交换比报文交换快。报文交换主要应用于公用电报网中。

1.2.4 Internet 的产生与发展

互联网(英语: Internet)，又称国际网络，互联网始于1969年美国的阿帕网。是网络与网络之间所串连成的庞大网络，这些网络以一组通用的协议相连，形成逻辑上的单一巨大国际网络。通常internet泛指互联网，而Internet则特指因特网。这种将计算机网络互相联接在一起的方法可称作“网络互联”，在这基础上发展出覆盖全世界的全球性互联网络称互联网，即是互相连接一起的网络结构。互联网并不等同万维网，万维网是基于超文本相互链接而成的全球性系统，且是互联网所能提供的服务其中之一。

Internet的起源主要可分为一下几个阶段：

1. Internet 的雏形阶段

1969年，美国国防部高级研究计划局(Advance Research Projects Agency, ARPA)开始建立一个命名为ARPANET的网络。当时建立这个网络的目的是出于军事需要，计划建立一个计算机网络，当网络中的一部分被破坏时，其余网络部分会很快建立起新的联系。人们普遍认为这就是Internet的雏形。

2. Internet 的发展阶段

美国国家科学基金会 (National Science Foundation, NSF) 在 1985 年开始建立计算机网络 NSFNET。NSF 规划建立了 15 个超级计算机中心及国家教育科研网, 用于支持科研和教育的全国性规模的 NSFNET, 并以此作为基础, 实现同其他网络的连接。NSFNET 成为 Internet 上主要用于科研和教育的主干部分, 代替了 ARPANET 的骨干地位。1989 年 MILNET (由 ARPANET 分离出来) 实现和 NSFNET 连接后, 就开始采用 Internet 这个名称。自此以后, 其他部门的计算机网络相继并入 Internet, ARPANET 就宣告解散了。

3. Internet 的商业化阶段

20 世纪 90 年代初, 商业机构开始进入 Internet, 使 Internet 开始了商业化的新进程, 成为 Internet 大发展的强大推动力。1995 年 4 月 30 日, NSFnet 正式宣布停止运作。而此时 Internet 的骨干网已经覆盖了全球 91 个国家, 主机已超过 400 万台。在最近几年, 因特网更以惊人的速度向前发展, 很快就达到了今天的规模。^[1]

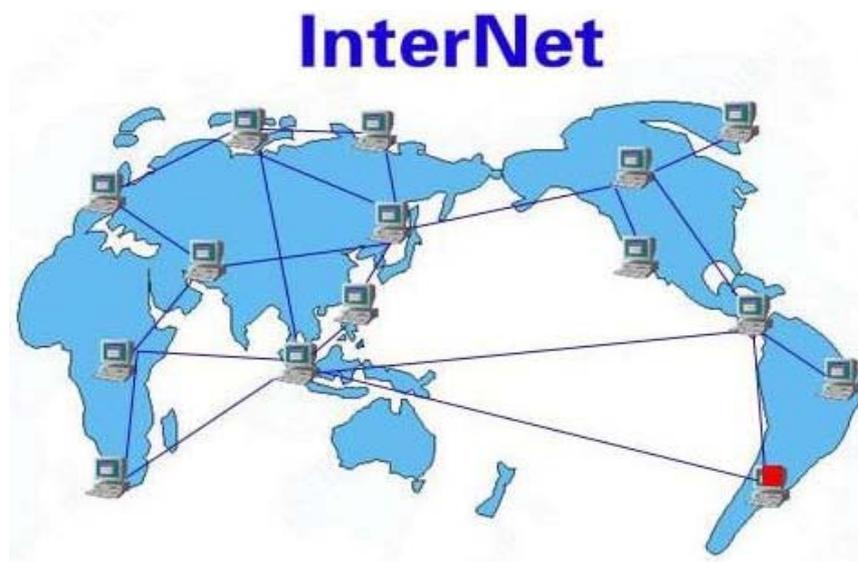


图 1.5 Internet 示意图

4. Internet 的未来

从目前的情况来看, Internet 市场仍具有巨大的发展潜力, 未来其应用将涵盖从办公室共享信息到市场营销、服务等广泛领域。另外, Internet 带来的电子贸易正改变着现今商业活动的传统模式, 其提供的方便而广泛的互连必将对未来社会生活的各个方面带来影响。

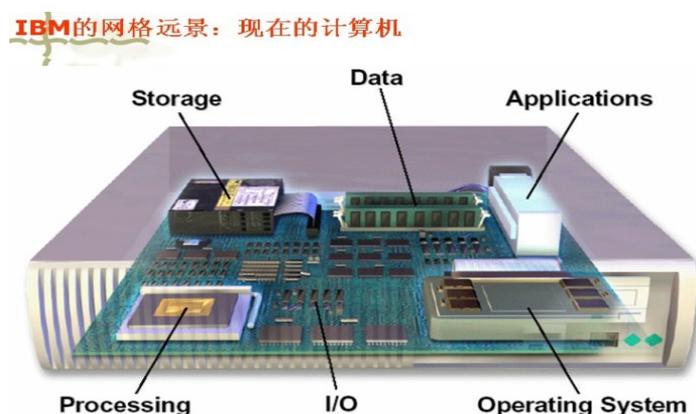


图 1.6 因特网发展远景

未来：因特网是计算机!

The Internet as a Computing Platform

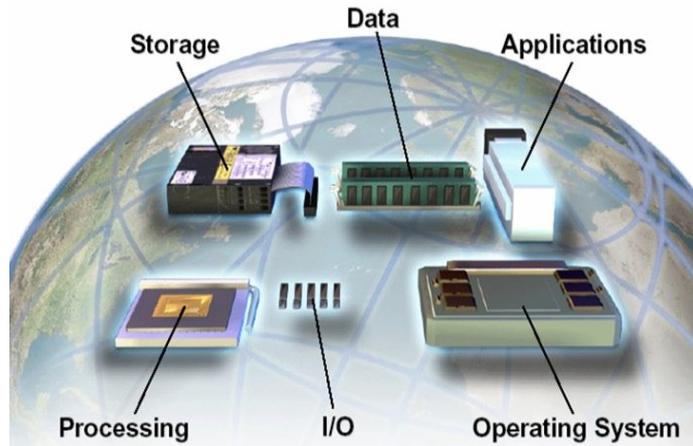


图 1.7 Internet 示意图

然而 Internet 也有其固有的缺点，如网络无整体规划和设计，网络拓补结构不清晰以及容错及可靠性能的缺乏，而这些对于商业领域的不少应用是至关重要的。安全性问题是困扰 Internet 用户发展的另一主要因素。虽然现在已有不少的方案和协议来确保 Internet 网上的联机商业交易的可靠进行，但真正适用并将主宰市场的技术和产品目前尚不明确。另外，Internet 是一个无中心的网络。所有这些问题都在一定程度上阻碍了 Internet 的发展，只有解决了这些问题，Internet 才能更好的发展。

未来的因特网与现在的因特网可大不一样，它将会是一种可大可小的因特网。当你想要把它带在身边时，你不用拎一个很大的背包把它装进去，而是把它变小，放入自己的口袋中，随时随地可以拿出来，打开因特网，这就能帮助你搜索你所需要的资料。

它不仅具有现在因特网的功能，还增加了成千上万种现在的因特网所没有的功能，比如像：可以随处旅游的“真实镜”、可以打出五线谱并能演奏的“模拟琴”、可以让图画变为实物的“马良笔”，以及让因特网变为机器人的“转变程序”等等。

未来的因特网不仅具有许多奇特的功能，它还可以自动报警。当你家有小偷潜入时，未来的因特网就会立即做出反应，发出震耳欲聋的响声，这时候，你就会马上从睡觉中醒来，让小偷无法得逞，通过因特网，你可以弄清楚已经过去的五万年的历史，却不一定能够知道未来五十年的事情。但有一点是可以肯定的：因特网会越来越“神”。

1.3 计算机网络的分类

计算机网络系统是非常复杂的系统，有多种多样的划分方法，不同类型的网络在性能、结构、用途等方面的特点也是有区别的。

1.3.1 按功能分类

按网络的使用用途进行分类，计算机网络可分为公用网和专用网。

1. 公用网

公用网也称为公众网或公共网，是指为公众提供公共网络服务的网络。公用网一般由国家的电信公司出资建造，并由国家政府电信部门进行管理和控制，网络内的传输和转接装置可提供给任何部门和单位使用（需交纳相应费用）。公用网属于国家基础设施。



图 1.8 公用网络示意图

公用网络提供分组交换或电路交换服务，有以下几种网络类型：

(1) 公用电话交换网 (PSTN)

公用电话交换网就是我们平常用到的电话传输网络。它是基于模拟技术的电路交换网络。PSTN 的传输速率低、质量差。网络资源利用率低。带宽有限。无存储转发功能。难以实现不同速率设备间的传输。只能用于要求不高的场合。

(2) 分组交换数据网 (X. 25)

中国分组交换公用数据网 (CHINAPAC) 是一种覆盖全国的分组交换网络。其主要协议为 X. 25。X. 25 是一个数据终端设备 (DTE) 对公用交换网络的接口规范。X. 25 网强调的是为公众提供可靠的服务。它的设计思想侧重于数据传输的可靠性。其误码率很低。X. 25 网是一个性能优良的网。允许用户通过一条物理信道获得成百上千条虚电路连接。在网内对传输的信息具有差错控制能力。由于它是具有存储转发并提供各种分组拆装设备的接口。所以允许异步、同步、不同速率的终端互连通信。公用分组交换数据网还提供电子信箱、电子数据交换和可视图文等增值业务。

(3) 数字数据网 (DDN)

数字数据网 (DDN) 是一个高带宽、高质量的公用数字数据通信网。其传输信息的信道为数字信道。DDN 是数字通信、计算机、光纤、数字交叉等多项技术的综合。可提供和支持多项业务和应用。

(4) 综合业务数字网 (ISDN)

综合业务数字网 (ISDN) 与电话网、X. 25、DDN 一样是作为一种公用网络设计的。“综合业务”是指其电信业务范围是多种多样的。包含和集合了现有的各种通信网 (电话网、分组交换网等) 所有的业务。ISDN 既适应电话、图像等实时性要求高的业务。也可以适应数字数据这类具有很强突发性的信息业务。还可适应可能出现的各种性质的业务。在数据传输速率的适应能力上。既能适应低速也能适应高速的用户网络接口传输速率。还可适应可变速率信息的传输。窄带 ISDN (N-ISDN) 提供 164kbit/s 的带宽。其适用的业务范围相当有限。不能适应高速数据、图像业务、高清晰度电视等新业务的需求。ATM 技术是实现宽带 ISDN 的核心技术。ATM (Asynchronous Transfer Mode) 顾名思义就是异步传输模式。光纤的出现奠定了 ATM 发展的基础。光纤的容量能够满足 ATM 速度的需求。

2. 专用网络

在互联网的地址架构中，专用网络是指遵守 RFC 1918 和 RFC 4193 规范，使用私有 IP 地址空间的网络。私有 IP 无法直接连接互联网，需要公网 IP 转发。与公网 IP 相比，私有 IP 是免费的，也节省了 IP 地址资源，适合在局域网使用。私有 IP 地址在 Internet 中不会被分配。

专用网络是两个企业间的专线连接，这种连接是两个企业的内部网之间的物理连接。专线是两点之间永久的专用电话线连接。和一般的拨号连接不同，专线是一直连通的。这种连接的最大优点就是安全。除了这两个合法连入专用网络的企业，其他任何人和企业都不能进入该网络。所以，专用网络保证了信息流的安全性和完整性。

专用网络的最大缺陷是成本太高，因为专线非常昂贵。每对想要专用网络的企业都需要一条独立的专用(电话)线把它们连到一起。

例如，如果一个企业想通过专用网络与 7 个企业建立外部网连接，企业必须支付 7 条专线的费用。企业一般把这个问题称为“伸缩”问题：增加专用网络的数目很困难、昂贵且耗时。那么企业到底该如何在它们的内部网之间建立紧密和专用的联系呢?答案可能就是根据虚拟专用网络设计的外部网。

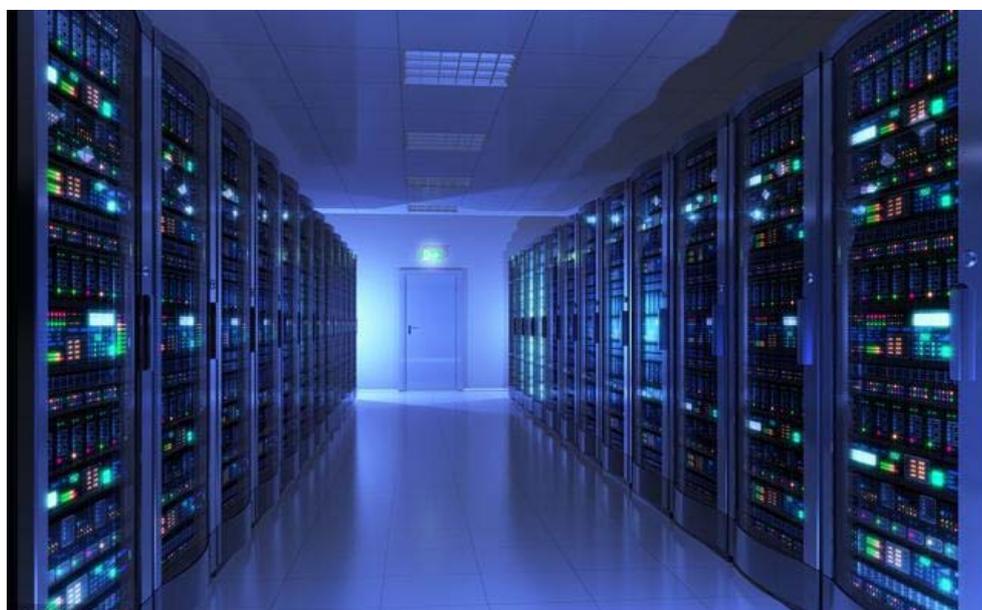


图 1.9 专用网络示意图

虚拟专用网络 (Virtual Private Network，简称 VPN)指的是在公用网络上建立专用网络的技术。其之所以称为虚拟网，主要是因为整个 VPN 网络的任意两个节点之间的连接并没有传统专网所需的端到端的物理链路，而是架构在公用网络服务商所提供的网络平台，如 Internet、ATM(异步传输模式)、Frame Relay (帧中继)等之上的逻辑网络，用户数据在逻辑链路中传输。它涵盖了跨共享网络或公共网络的封装、加密和身份验证链接的专用网络的扩展。VPN 主要采用了隧道技术、加解密技术、密钥管理技术和使用者与设备身份认证技术。

1.3.2 按地理范围分类

从地理范围划分是一种大家都认可的通用网络划分标准。按这种标准可以把各种网络类型划分为广域网、城域网、局域网、个人区域网和人体区域网五种。

1. 广域网 (Wide Area Network, WAN)

什么是广域网?

广域网 (Wide Area Network, 缩写为 WAN), 又称广域网、外网、公网。是连接不同地区局域网或城域网计算机通信的远程网。通常跨越很大的物理范围, 所覆盖的范围从几十公里到几千公里, 它能连接多个地区、城市和国家, 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。广域网并不等同于互联网。

广域网的通信子网主要使用分组交换技术。广域网的通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网和无线分组交换网, 它将分布在不同地区的局域网或计算机系统互连起来, 达到资源共享的目的。

广域网的结构

广域网的结构分为通信子网与资源子网, 示意图如 1.10 (WAN 的结构示意图) 所示。

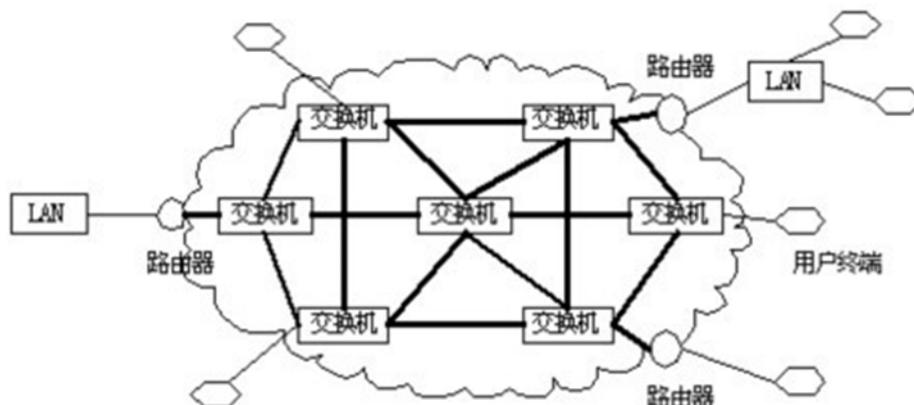


图 1.10 WAN 的结构示意图

广域网分为通信子网与资源子网两部分, 主要是由一些结点交换机和连接这些交换机的链路组成。结点交换机执行将分组存储转发的功能。广域网的链路一般分为传输主干和末端用户线路, 根据末端用户线路和广域网类型的不同, 有多种接入广域网的技术, 并提供各种接口标准。

广域网的特点

- (1) 主要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。
- (2) 覆盖范围广, 通信的距离远, 需要考虑的因素增多, 如媒体的成本、线路的冗余、媒体带宽的利用和差错处理等。
- (3) 由电信部门或公司负责组建、管理和维护, 并向全社会提供面向通信的有偿服务、流量统计和计费问题。

与覆盖范围较小的局域网相比, 广域网的特点在于:

- (1) 覆盖范围广, 可达数千公里甚至全球。
- (2) 广域网没有固定的拓扑结构。
- (3) 广域网通常使用高速光纤作为传输介质。
- (4) 局域网可以作为广域网的终端用户与广域网连接。
- (5) 广域网主干带宽大, 但提供给单个终端用户的带宽小。
- (6) 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。
- (7) 广域网管理、维护困难。

广域网的类型

广域网可以分为公共传输网络、专用传输网络和无线传输网络。

(1) 公共传输网络：一般是由政府电信部门组建、管理和控制，网络内的传输和交换装置可以提供（或租用）给任何部门和单位使用。

公共传输网络大体可以分为两类：

电路交换网络：主要包括公共交换电话网（PSTN）和综合业务数字网（ISDN）；

分组交换网络：主要包括 X.25 分组交换网、帧中继和交换式多兆位数据服务（SMDS）。

(2) 专用传输网络：是由一个组织或团体自己建立、使用、控制和维护的私有通信网络。一个专用网络起码要拥有自己的通信和交换设备，它可以建立自己的线路服务，也可以向公用网络或其他专用网络进行租用。

专用传输网络主要是数字数据网（DDN）。DDN 可以在两个端点之间建立一条永久的、专用的数字通道。它的特点是在租用该专用线路期间，用户独占该线路的带宽。

(3) 无线传输网络：主要是移动无线网，典型的有 GSM 和 GPRS 技术等。

以我国为例，广域网包括以下几种类型通信网：

(1) 公用电话网。用电话网传输数据，用户终端从连接到切断，要占用一条线路，所以又称电路交换方式，其收费按照用户占用线路的时间而决定。在数据网普及以前，电路交换方式是最主要的数据传输手段。

(2) 公用分组交换数据网。分组交换数据网将信息分“组”，按规定路径由发送者将分组的信息传送给接收者，数据分组的工作可在发送终端进行，也可在交换机进行。每一组信息都含有信息目的的“地址”。分组交换网可对信息的不同部分采取不同的路径传输，以便最有效地使用通信网络。在接收点上，必须对各类数据组进行分类、监测以及重新组装。

(3) 数字数据网。它是利用光纤（或数字微波和卫星）数字电路和数字交叉连接设备组成的数字数据业务网，主要为用户提供永久、半永久型出租业务。数字数据网可根据需要定时租用或定时专用，一条专线既可通话与发传真、也可以传送数据，且传输质量高。

2. 城域网（Metropolitan Area Network, MAN）

什么是局域网？

城域网又称都会网络，指大型的计算机网络，是介于 LAN 和 WAN 之间能传输语音与资料的公用网络，这些网络通常涵盖一个大学校园或一座城市。一些常用于城市区网的技术包括：异步传输模式（ATM）、光纤分布数据接口（FDDI）、千兆以太网。

城域网能够满足政府机构、金融保险、大中小学、公司企业等单位对高速率、高质量数据通信业务日益旺盛的需求，特别是快速发展起来的互联网用户群对宽带高速上网的需求。

城域网的特点

传输速率高——宽带城域网采用大容量的 Packet Over SDH 传输技术，为高速路由和交换提供传输保障。千兆以太网技术在宽带城域网中的广泛应用，使骨干路由器的端口能高速有效地扩展到分布层交换机上。光纤、网线到用户桌面，使数据传输速度达到 100M、1000M。

用户投入少，接入简单——宽带城域网用户端设备便宜而且普及，可以使用路由器、HUB 甚至普通的网卡。用户只需将光纤、网线进行适当连接，并简单配置用户网卡或路由器的相关参数即可接入宽带城域网。个人用户只要在自己的电脑上安装一块以太网卡，将宽带城域网的接口插入网卡就联网了。安装过程和以前的电话一样，只不过网线代替了电话线，电脑代替了电话机。

技术先进、安全——技术上为用户提供了高度安全的服务保障。宽带城域网在网络中提供了第二层的 VLAN 隔离，使安全性得到保障。由于 VLAN 的安全性，只有在用户局域网内的计算机才能互相访问，非用户局域网内的计算机都无法通过非正常途径访问用户的计算机。

如果要从网外访问,则必须通过正常的路由和安全体系。因此黑客若想利用底层的漏洞进行破坏是不可能的。虚拟拨号的普通用户通过宽带接入服务器上网,经过账号和密码的验证才可以上网,用户可以非常方便地自行控制上网时间和地点。

城域网的应用

高速上网——利用宽带 IP 网频带宽、速度快的特点,用户可以快速访问 Internet 及享受一切相关的互联网服务(包括 WWW、电子邮件、新闻组、BBS、互联网导航、信息搜索、远程文件传送等),端口速度达到 10M 以上。

互动游戏——“互动游戏网”可以享受 Internet 网上游戏和局域网游戏相结合的全新游戏体验。通过宽带网,即使是相隔一百公里的同城网友,也可以不计流量地相约玩三维联网游戏。

VOD 视频点播——在家里利用 WEB 浏览器随心所欲地点播自己爱看的节目,包括电影精品、流行的电视剧集,还有视频新闻、体育节目、戏曲歌舞、MTV、卡拉 OK 等。

网络电视(NETTV)——突破传统的电视模式,跨越时间和空间的约束,在网上实现无限频道的电视收视。通过 WEB 浏览器的方式直接从网上收看电视节目,克服了现有电视频道受地区及气候等多种因素约束的弊病,而且有利于进行一种新型交互式电视剧“网络电视剧”的制作和播放。

远程医疗——采用先进的数字处理技术和宽带通信技术,医务人员为远在几百公里或几千公里之外的病人进行诊断和治疗,远程医疗是随着宽带多媒体通信的兴起而发展起来的一种新的医疗手段。

远程会议——异地开会不用出差,也不用出门,在高速信息网络上的视频会议系统中,“天涯若比邻”的感觉得到了最完美的诠释。

远程教育——从根本上克服了基于电视技术的单向广播式、基于 WEB 网页的文本查询式和基于昂贵得无法进入家庭的会议电视等三种方式的缺陷,运用宽带网最新产品和技术,将图、文、声等多媒体信息,以交互的方式进入普通家庭、学校和企事业单位,学生可通过宽带网在家收看教学节目并可与老师实时交互;可上 Internet 查资料,以 Email 电子邮件等方式布置作业、交作业,解答提问等;缺课可检索课程数据库以 VOD 方式播放老师讲课录象等。

远程监控(WEBCAM)——对远程的系统或其他东西进行监控,授权用户通过 WEB 自由进行镜头的转动、调焦等操作,实现实时的监控管理功能。监控系统采用数字监控方式。数字监控方式很好地与计算机网络结合在一起,充分发挥宽带城域网的带宽优势。这是未来监控系统发展的流行趋势。

家庭证券交易系统——可在家里交互式地进行证券大户室形式的网上炒股,不但可以实时查阅深、沪股市行情,获取全面及时的金融信息,还可以通过多种分析工具进行即时分析,并可进行网上实时下单交易,参考专家股评。

宽带业务还可为广大用户提供 Internet 信息浏览、信息查询、收发电子邮件、网上游戏、多媒体网上教育、视音频点播等多项服务。

3. 局域网(Local Area Network, LAN)

什么是局域网?

局域网是一种在有限的地理范围内将大量 PC 机及各种设备互连一起实现数据传输和资源共有的计算机网络。社会对信息资源的广泛需求及计算机技术的广泛普及,促进了局域网技术的迅猛发展。在当今的计算机网络技术中,局域网技术已经占据了十分重要的地位。

通俗地说,局域网就是当一个计算机网络联系的地区范围不大,譬如说在一座办公大楼

中，一个工矿企业的一群建筑物和现场中，或者一所大学的校园中，其范围在几公里或十几公里以内。如果简要些，也可以这样来表述，局域网就是在小范围内将各种数据通信设备互连起来，进行数据通信和资源共享的计算机网络。

局域网的分类

局域网可分成三大类：

- (1) 平时常说的局域网 LAN。
- (2) 另一类是采用电路交换技术的局域网，称计算机交换机 CBX(Computer Branch eXchange)或 PBX(Private Branch eXchange)。
- (3) 还有一类是新发展的高速局域网 HSLN(High Speed Local Network)。

局域网的特点

区别于一般的广域网(WAN)，局域网(LAN)具有以下特点：

- (1) 地理分布范较小，一般为数百米至数公里。可覆盖一幢大楼、一所校园或一个企业。
- (2) 数据传输速率高，一般为 0.1-100Mbps，目前已出现速率高达 1000Mbps 的局域网。可交换各类数字和非数字(如语音、图象、视频等)信息。
- (3) 误码率低，一般在 10^{-11} — 10^{-8} 以下。这是因为局域网通常采用短距离基带传输，可以使用高质量的传输媒体，从而提高了数据传输质量。
- (4) 以 PC 机为主体，包括终端及各种外设，网中一般不设中央主机系统。
- (5) 一般包含 OSI 参考模型中的低三层功能，即涉及通信子网的内容。
- (6) 协议简单、结构灵活、建网成本低、周期短、便于管理和扩充。

局域网的传输媒体

LAN 中使用的传输方式有基带和宽带两种。基带用于数字信号传输，常用的传输媒体有双绞线或同轴电缆。宽带用于无线电频率范围内的模拟信号的传输，常用同轴电缆。表 1.1 给出了这两种传输方式的比较。

基带	宽带
数字信号传输	模拟信号的传输(需用 MODEM)
全部带宽用于单路信道传输	使用 FDM 技术，多路信道复用
双向传输	单向传输
总线拓扑	总线或树形拓扑
距离达数公里	距离达数十公里

表 1.1 基带、宽带传输方式比较

(1) 基带系统

使用数字信号传输的 LAN 定义为基带 LAN。数字信号通常采用曼彻斯特编码传输，媒体的整个带宽用于单信道的信号传输，不采用频分多路复用技术。数字信号传输要求用总线形拓扑，因为数字信号不易通过树形拓扑所要求的分裂器和连接器。基带系统只能延伸数公里的距离，这是由于信号的衰减会引起脉冲减弱和模糊，以致无法实现更大距离上的通信。基带传输是双向的，媒体上任意一点加入的信号沿两个方向传输到两端的端接器(即终端接收阻抗器)，并在那里被吸收，如图 1.12 所示(双向基带系统)。

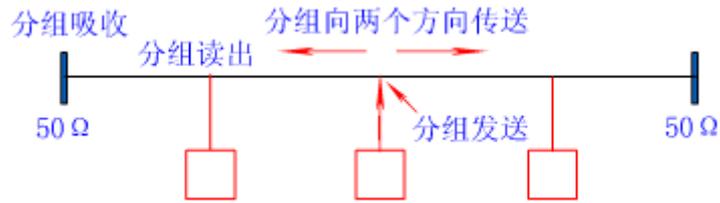


图 1.12 双向基带系统

总线 LAN 常采用 $50\ \Omega$ 的基带同轴电缆。对于数字信号来说， $50\ \Omega$ 电缆受到来自接头插入容抗的反射不那么强，而且对低频电磁噪声有较好的抗干扰性。最简单的基带同轴电缆 LAN 由一段无分枝的同轴电缆构成，两端接有防反射的端接器，推荐的最大长度为 500 米。站点通过接头接入主电缆，任何两接头间的距离为 2.5 米的整倍数，这是为了保证来自相邻接头的反射在相位上不致于叠加。推荐的最多接头数目为 100 个，每个接头包括一个收发器，其中包含发送和接收用的电子线路。

为了延伸网络的长度，可以采用中继器。中继器由组合在一起的两个收发器组成，连到不同的两段同轴电缆上。中继器在两段电缆间向两个方向传送数字信号，在信号通过时将信号放大和复原。因而，中继器对于系统的其余部分来说是透明的。由于中继器不做缓冲存贮操作，所以并没有将两段电缆隔开，因此如果不同段上的两个站同时发送的话，它们的分组将互相干扰(冲突)。为了避免多路径的干扰，在任何两个站之间只允许有一条包含分段和中继器的路径。802 标准中，在任何两个站之间的路径中最多只允许有 4 个中继器，这就将有效的电缆长度延伸到 2.5 公里。图 1.13 (带中继器的基带系统) 是一个具有 3 个分段和两个分段和两个中继器的基带系统例子。

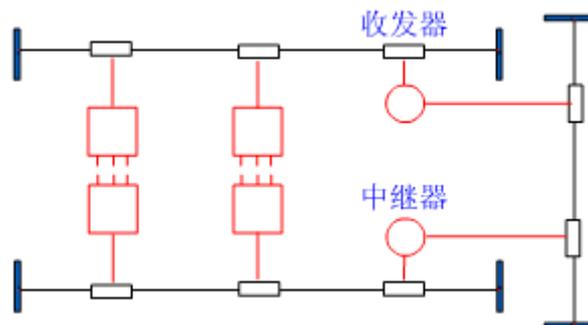


图 1.12 带中继器的基带系统

双绞线基带 LAN 用于低成本、低性能要求的场合，比绞线安装容易，但往往限制在 1 公里以内，数据速率为 1Mbps-10Mbps。

(2) 宽带系统

在 LAN 范围内，宽带一般用于传输模拟信号，这些模拟载波信号工作在高频范围(通常为 $10\sim 400\text{MHz}$)，因而可用 FDM 技术把宽带电缆的带宽分成功能多个信道或频段。宽带系统采用总线/树形拓扑结构，可以达到比基带大得多的传输距离(达数十公里)，这是因为携带数字数据的模拟信号，在噪声和和衰减损失数据之前，可以传播较长的距离。

宽带同基带一样，系统中的站点是通过接头接入电缆的。但是，与基带不同的是宽带本质上是一种单方向传输的媒体，加到媒体上的信号只能沿一个方向传播。这种单向性质，意味着只有处于发送站“下游”的站点才能收到发送站的信号。因此需有两条数据路径，这些路径在网络的端头处接在一起。对于总线拓扑，端头就是总线的一端；对于树形拓扑，端头具有分枝的树根。所有站沿一条路径(入径)向端头传输，在端头接收到的信号，再沿另一条

数据路径(出径)离开端头传输,所有的站点都在出径上接收。

在物理上,可用双电缆和中分(Midsplit)两种不同的结构来实现输入和输出的通路,如图 1.13 所示。在双电缆结构中,入径和出径是分开的两根电缆,两者间的端头只是一个无源联接装置,每个站点以相同的频率发送和接收。在中分构造中,入径和出径是同一电缆上的不同频率,双向放大器传送较低频率(5~116MHz)的入径和较高频率(168~300MHz)的出径。端头包含一个称为频率转换器的装置,将入径频率转换为出径频率。频率转换器可以是模拟装置也可以是数字装置,模拟装置只要把信号转换成一个新的频率并重发就可以了,而数字装置则先要在端头恢复数字数据,然后再在新的频率上重发净化了的数据。

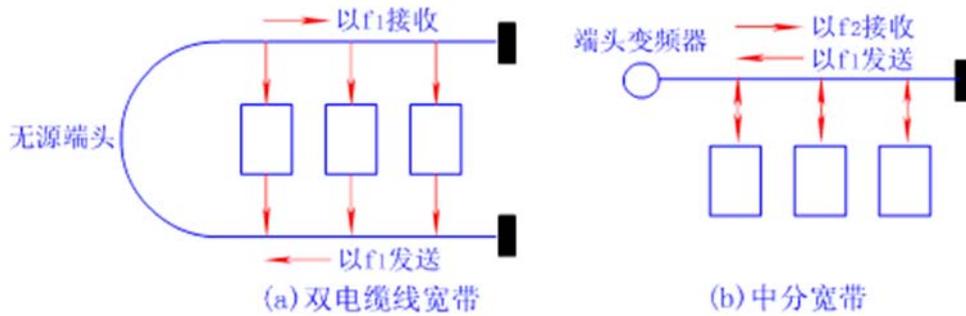


图 1.13 宽带系统

局域网的媒体访问控制方法

环形或总线拓扑中,由于只有一条物理传输通道连接所有的设备,因此,连到网络上的所有设备必须遵循一定的规则,才能确保传输媒体的正常访问和使用。常用的媒体访问控制方法有:具有冲突检测的载波监听多路访问 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)、控制令牌(Control Token)及时槽环(Slotted Ring)三种技术。

(1) 具有冲突检测的载波监听多路访问 CSMA/CD

具有冲突检测的载波监听多路访问 CSMA/CD 采用随机访问和竞争技术,这种技术只用于总线拓扑结构网络。CSMA/CD 结构将所有的设备都直接连到同一条物理信道上,该信道负责任何两个设备之间的全部数据传送,因此称信道是以“多路访问”方式进行操作的。站点以帧的形式发送数据,帧的头部含有目的和源点的地址。帧在信道上以广播方式传输,所有连接在信道上的设备随时都能检测到该帧。当目的地站点检测到目的地址为本站地址的帧时,就接收帧中所携带的数据,并按规定的链路协议给源站点返回一个响应。

采用这种操作方法时,在信道上可能有两个或更多的设备在同一瞬间都会发送帧,从而在信道上千万帧的重叠而出现并有差错,这种现象称为冲突。为减少这种冲突,源站点在发送帧之前,首先要监听信道上是否有其它站点发送的载波信号(即进行“载波监听”),若监听到信道上载波信号则推迟发送,直到信道恢复到安静(空闲)为止。另外,还要采用边发送边监听的技术(即“冲突检测”),若监听到干扰信号,就表示检测到冲突,于是就要立即停止发送。为了确保冲突的其它站点知道发生了冲突,首先在短时间里持续发送一串阻塞(Jam)码,卷入冲突的站点则等待一随机时间,然后准备重发受到冲突影响的帧。这种技术对发生冲突的传输能迅速发现并立即停止发送,因此能明显减少冲突次数和冲突时间。

(2) 控制令牌

控制令牌是另一种传输媒体访问控制方法。它是按照所有站点共同理解和遵守的规则,从一个站点到另一个站点传递控制令牌,一个站点只有当它占有令牌时,才能发送数据端帧,发完帧后,即把令牌传递下一个站点。其操作次序如下:

- ① 首先建立一个逻辑环,将所有站点同物理媒体相连,然后产生一个控制令牌。

② 控制令牌由一个站点沿着逻辑环顺序向下一个站点传递。

③ 等待发送帧的站点接收到控制令牌后，把要发送的帧利用物理媒体发送出去，然后再将控制令牌沿逻辑环传递给下一站点。

控制令牌方法除了用于环形网拓扑结构(即令牌环)之外，也可以用于总线网拓扑结构(即令牌总线)，这两类结构建立的逻辑环分别如图 1.14(a)、(b)所示。

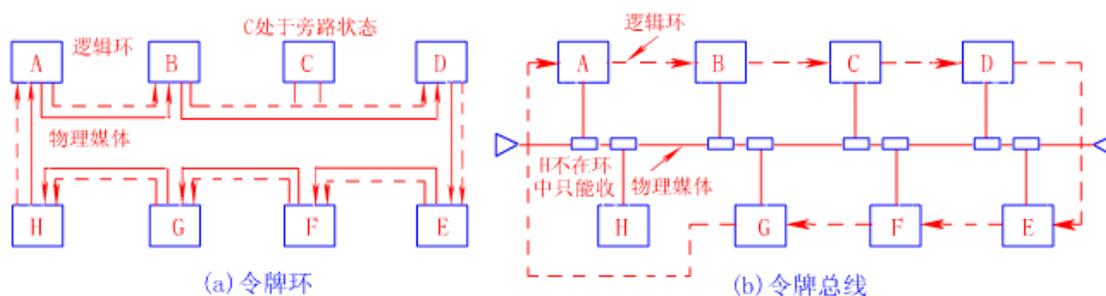


图 1.14 令牌环、令牌总线介质访问控制方法

对于一个物理环，令牌传递的逻辑结构和物理环的结构是相同的，令牌传递的次序和站点连接的物理次序也是一致的；而对于总线网，逻辑环次序则不必和电缆上的站点连接次序相对应，所有站点没有必要抱着按逻辑环连接。例如图 1.14(b)中，H站并不是逻辑环的一部分，这意味着H站永远拿不到令牌，因此只能以接收方式工作。

4. 个人局域网 (Personal Area Network, PAN)

什么是个人局域网?

个人局域网就是在个人工作的地方把属于个人使用的电子设备(如便携式电脑等)用无线技术连接起来的网络，因此也常称为无线个人局域网 WPAN (Wireless PAN)。

PAN 核心思想是，用无线电或红外线代替传统的有线电缆，实现个人信息终端的智能化互联，组建个人化的信息网络。从计算机网络的角度来看，PAN 是一个局域网；从电信网络的角度来看，PAN 是一个接入网，因此有人把 PAN 称为电信网络“最后一米”的解决方案。

原理与方法

PAN 的实现技术主要有：Bluetooth、IrDA、Home RF、ZigBee、WirelessHart 与 UWB (Ultra-Wideband Radio) 五种。

生机勃勃

红外线数据标准协会 IrDA (Infrared Data Association) 成立于 1993 年，是非营利性组织，致力于建立无线传播连接的国际标准，目前在全球拥有 160 个会员，参与的厂商包括计算机及通信硬件、软件及电信公司等。

简单地讲，IrDA 是一种利用红外线进行点对点通信的技术，其相应的软件和硬件技术都已比较成熟。它在技术上的主要优点有：

(1) 无需专门申请特定频率的使用执照，这一点，在当前频率资源匮乏，频道使用费用增加的背景下是非常重要的。

(2) 具有移动通信设备所必需的体积小、功率低的特点。HP 公司目前已推出结合模块应用的约从 $2.5 \times 8.0 \times 2.9 \text{mm}^3$ 到 $5.3 \times 13.0 \times 8.8 \text{mm}^3$ 的专用器件；与同类技术相比，耗电量也是最低的。

(3) 传输速率在适合于家庭和办公室使用的微微网 (Piconet) 中是最高的，由于采用

点到点的连接，数据传输所受到的干扰较少，速率可达 16Mb/s。

除了在技术上有自己的技术特点外，IrDA 的市场优势也是十分明显的。目前，全世界有 5000 万台设备采用 IrDA 技术，并且仍然每年以 50% 的速度增长。有 95% 的手提电脑安装了 IrDA 接口。在成本上，红外线 LED 及接收器等组件远较一般 RF 组件来得便宜，IrDA 端口的成本在 5 美元以内，如果对速度要求不高甚至可以低到 1.5 美元以内，相当于目前蓝牙产品的十分之一。

面对其他技术的挑战，IrDA 并没有停滞不前。除了传输速率由原来的 FIR(Fast Infrared) 的 4Mb/s 提高到最新 VFIR 的 16Mb/s 标准；接收角度也由传统的 30 度扩展到 120 度。这样，在台式电脑上采用低功耗、小体积、移动余度较大的含有 IrDA 接口的键盘、鼠标就有了基本的技术保障。同时，由于 Internet 的迅猛发展和图形文件逐渐增多，IrDA 的高速率传输优势在扫描仪和数码相机等图形处理设备中更可大显身手。

但是，IrDA 也的确有其不尽如人意的地方。首先，IrDA 是一种视距传输技术，也就是说两个具有 IrDA 端口的设备之间如果传输数据，中间就不能有阻挡物，这在两个设备之间是容易实现的，但在多个电子设备间就必须彼此调整位置和角度等。这也是 Bluetooth 和 HomeRF 未来打败 IrDA 技术的超级法宝。其次，IrDA 设备中的核心部件—红外线 LED 不是一种十分耐用的器件，对于不经常使用的扫描仪、数码相机等设备虽然游刃有余，但如果经常用装配 IrDA 端口的手机上网，可能很快就不堪重负了。

最热门蓝牙

1998 年 5 月，就在 IEEE 成立 WPAN(无线个人局域网)研究小组不久，5 家世界著名的 IT 公司—Ericsson、IBM、Intel、Nokia 和 Toshiba 联合宣布了一项叫做“蓝牙”(Bluetooth)的计划，旨在设计通用的无线电接口(Radio Air Interface)及其控制软件的国际标准，使通信和计算机进一步结合，让不同厂家生产的便携式设备具有在没有电线或电缆相互链接的情况下，能在近距离范围内互通的能力。这一计划一经公布，就得到了包括 Motorola、Lucent、Compaq、Simens、3Com、TDK 以及 Microsoft 等大公司在内的近 2000 家厂商的广泛支持和采纳。

蓝牙技术从应用的角度来讲，与目前广泛应用于微波通信中的一点多址技术十分相似，因此，它很容易穿透障碍物实现全方位的数据传输。

早在蓝牙标准制定的前一年，IEEE 的有关工作组就已经开始 WPAN 的准备工作。起初，IEEE 执行委员会认为由于这是局域网内部的无线通信技术，所以就将对 WLAN 有着突出贡献的 802.11 工作组，当时主要的工作就是实现无线局域网和无线个人局域网的无缝隙连接。经过一年的努力工作，小组成员的结论是，现有的 IEEE 802.11 中有关支持三种物理媒介层的 MAC(Medium Access Control, 媒介访问控制)中规定的基础结构并不适用于 WPAN。因此，1999 年 3 月，原由 802.11 领导的 WPAN 小组单独成立 IEEE 802.15 工作组。其主要目的是：在个人工作空间(Personal Operating Space, POS)内建立无线通信的国际标准，实现和 802.11 协议族的融合。同时考虑经济和技术方面的可实现性。

1999 年 7 月，802.15 工作组在蒙特利尔召开了第一次正式会议。在这次会议上，蓝牙特别利益小组(SIG)明确提出希望参与 WPAN 标准的制定工作。由于很多 IEEE 802.15 成员也是 SIG 的成员，因此很快就达成一致协议，并提出当前二者共同关心的问题：如何解决两种规范下产品的兼容性问题；如何找到一种可靠的测试手段来验证二者的兼容性作为合作的基点。

802.15 工作组于 1999 年秋天开始起草一项以蓝牙 1.0 版本为基础的标准，2000 年 11 月提交到 IEEE 标准委员会讨论。之所以如此迅速，主要是 IEEE 802.11 工作组在制定 WLAN 标准时过于滞后于市场，继而造成了 WLAN 标准重蹈“ATM”的覆辙。虽然 IEEE 802.11 是国际

公认的技术标准，但市场份额并不大，因此蓝牙才决定使用无线局域网使用的 2.4GHz 波段（由于频率的冲突，很可能造成现有无线局域网性能的下降）。蓝牙的支持者甚至大胆地预测，随着蓝牙技术的不断发展，采用 IEEE 802.11 标准的无线局域网将不复存在，从而双方的频段之争将迎刃而解。

力不从心的 HomeRF

HomeRF 工作组成立于 1997 年，是由美国家用射频委员会领导的。它成立的技术与商业动机和其他几项技术十分相似，其宗旨是在消费者能够承受的前提下，建设家庭语音、数据内联网。HomeRF 把共享无线连接协议（SWAP）作为未来家庭内联网的几项技术指标，使用 IEEE 802.11 无线以太网作为数据传输标准，通信频段也是 2.4GHz，从图 1 中可以看出，HomeRF 工作组像当初人们构造 ATM 一样，提出了一整套应用于家庭联网的完整体系，包括外围设备和家庭主机之间的连接、外围设备之间的连接、主机和 HomeRF 中央控制的连接、接入网、PSTN 等。2000 年 8 月 31 日美国联邦通信委员会批准了 Intel、Microsoft、Motorola 和 Proxim 等 HomeRF 组织成员的要求，允许 HomeRF 的传输速率在原来的 2Mb/s 的基础上提高四倍，达到 8M~11Mb/s 传送速率；而且和蓝牙一样，HomeRF 可以实现多个（最多 5 个）设备之间的互联。但 FCC 的这一决定，招致了来自包括内部成员和蓝牙组织成员的反反对，主要理由是频率冲突、功耗较大。同时，HomeRF 工作组的一些成员提出将原来的发射带宽由 1MHz 提高到 5MHz，这样速率能够提高得更多，但反对者认为，信息本来在狭窄的信号通道里跳动，现在如果将狭窄的通道加宽，就会像一辆卡车在几条车道上横冲直撞，从而造成 SWAP 设备之间的互相干扰。因此，很多业界人士对这一技术并不表示乐观。

物竞天择，共同发展

无论是成熟可靠的 IrDA 还是朝气蓬勃的蓝牙、WPAN，都在互相取长补短。从蓝牙协议堆仍然采用分层的体系结构，在串行电缆仿真协议之上或直接加在“逻辑链路控制与适配协议（L2CAP）”之上的是专用协议，包括现有的多种协议，如 PPP、UDP/TCP/IP、WAP、OBEX 等。其中，OBEX 的 IrOBEX (Short OBEX) 是红外线数据协会开发的一个会话协议。

事实上，蓝牙系统和 WPAN 的概念相辅相成，它已经是 WPAN 的一个雏形。在其 1999 年 12 月发布的蓝牙 1.0 版的标准中，已定义了包括使用 WAP 协议连接互联网的多种应用软件。它能够使蜂窝电话系统、无线通信系统、无线局域网和互联网等现有网络增添新功能，使各类计算机、传真机、打印机设备增添无线传输和组网功能，在家庭和办公自动化、家庭娱乐、电子商务、无线公文包应用、各类数字电子设备、工业控制、智能化建筑等场合开辟了广阔的应用。随着 WPAN 的发展，IEEE 802.15 的一个工作小组正在制订速率可达 20Mb/s 以上的 WPAN 标准，这一标准也是基于蓝牙规范。因此，WPAN 和蓝牙必然会趋于融合，由 SIG 参与蓝牙计划的公司和 IEEE 802.15 工作组协力合作，共同创造明天的 WPAN。

据 Cahners In-Star 集团预测，新兴的家庭网络市场规模将从 2000 年的 6000 万美元增长到 2004 年的 57 亿美元，由于存在着巨大的商机，许多公司都采取了灵活的态度，宣布同时支持 IrDA、HomeRF、Bluetooth 和 WPAN 中的一些规范，可以看出，这四种技术各有所长，背后又有各家公司或科研机构的支持，所以在一段时间内，这几种技术之间的竞争是必然，相互间取长补短也是必然的。

四种指标

(1) 对于要求传输速率高、使用次数少、移动范围小、价格比较低的设备，如打印机、扫描仪、数码像机等，IrDA 技术是首选。

(2) 如果设备是属于那种活动范围比较广、要求能和多种设备迅速互联，如，笔记本

电脑、数字无绳电话、个人数字助理（PDA）、手机等，采用蓝牙或 WPAN 是十分理想的。

(3) HomeRF 技术对于小型公司或者类似别墅的家庭是再方便不过的了，因为这两种环境的活动半径都比 Bluetooth 和 WPAN 规定的活动范围大，同时，一般又小于无线局域网的半径。但这也并非是说 HomeRF 的地位是高枕无忧的。因为，一项技术如果想要成为国际认可的标准，其独特性是必不可少的。HomeRF 在传输距离方面的优势很有可能被蓝牙所击败。

上面讲了网络的几种分类，其实在现实生活中我们真正遇得最多的还要算是局域网，因为它可大可小，无论在单位还是在家庭实现起来都比较容易，应用也是最广泛的一种网络，所以在下面我们有必要对局域网及局域网中的接入设备作一个进一步的认识。

5. 人体区域网 (Body Area Networks, BAN)

试想这样一幕，你衣服口袋里的手机贴着皮肤发出一个微弱的感应电流，于是，你的手就会非常神奇地变成一把全能钥匙：当你摸到汽车时，车门就会自动打开；握住鼠标时，个人电脑就会自动开启。

听起来这好像是在做梦，但这却是德国一家名为“ImCoSys”公司通过智能手机来实现的人体局域网技术。当然，证实这些设想尚需要有与 BAN 计划相配套的设备，相应的智能手机还没有被商用研发出来。

BAN 是以人体周围的设备例如随身携带的手表、传感器以及手机等，以及人体内部（即植入设备）等为对象的无线通信专用系统。目前，BAN 所使用的频带尚未确定，但 400 兆赫兹频带以及 600 兆赫兹频带已被列入议程。

专家认为，BAN 技术将在医疗中得到广泛应用。近年来，随着微电子技术的发展，可穿戴、可植入、可侵入的服务于人的健康监护设备已经出现：如穿戴于指尖的血氧传感器、腕表型血糖传感器、腕表型睡眠品质测量器、睡眠生理检查器、可植入型身份识别组件等。假如没有 BAN，这些传感器和促动器则都只能独立工作，要自带各自的通信部件，因此通信资源不能有效利用。

目前在日本，关于信息通信技术在医疗领域的应用研究相当活跃。此外，BAN 技术在音乐方面也大有前途，韩国厂商对该领域的应用表现出了强烈兴趣。

BAN 是一种可长期监视和记录人体健康信号的基本技术，早期应用主要是用来连续监视和记录慢性病（如糖尿病、哮喘病和心脏病等）患者的健康参数，提供某种方式的自动疗法控制。

BAN 在国际上已经得到了广泛研究，包括医疗技术提供商、医院、保险公司以及工业界的各方人士正在开展战略合作，但目前仍处在早期阶段，在毫瓦级网络能耗、互操作性、系统设备、安全性、传感器验证、数据一致性等方面面临一系列挑战。IEEE802.15 任务组正在制定的 BAN 通信标准有望在 2010 年完成。这种技术一旦被接纳采用，将在医疗保健方面取得重大突破。

1.3.3 按使用范围分类

1. 内联网 (Intranet)

内联网又称企业内连网，是用因特网技术建立的可支持企事业内部业务处理和信息交流的综合网络信息系统，通常采用一定的安全措施与企事业外部的因特网用户相隔离，对内部用户在信息使用的权限上也有严格的规定。

内联网与因特网

Intranet 与 internet 相比，可以说 Internet 是面向全球的网络，而 Intranet 则是 Internet 技术在企业机构内部的实现，它能够以极少的成本和时间将一个企业内部的大量

信息资源高效合理地传递到每个人。Intranet 为企业提供了一种能充分利用通讯线路、经济而有效地建立企业内联网的方案，应用 Intranet，企业可以有效的进行财务管理、供应链管理、进销存管理、客户关系管理等等。

过去，只有少数大公司才拥有自己的企业专用网，而现在不同了，借助于 Internet 技术，各个中小型企业都有机会建立起适合自己规模的内联网企业内部网，企业关注 Intranet 的原因是，它只为一个企业内部专有，外部用户不能通过 Internet 对它进行访问。

了解 Intranet，首先要了解企业对于网络和信息技术的迫切需求。

内联网 Intranet 的重要性

随着现代企业的发展越来越集团化，企业的分布也越来越广，遍布全国各地甚至跨越国界的公司越来越多，以后的公司将是集团化的大规模、专业性强的公司。这些集团化的公司需要及时了解各地的经营管理状况、制定符合各地不同的经营方向，公司内部人员更需要及时了解公司的策略性变化、公司人事情况、公司业务发展情况以及一些简单但又关键的文档，如通讯录、产品技术规格和价格、公司规章制度等信息。通常的公司使用如员工手册、报价单、办公指南、销售指南一类的印刷品发放。这类印刷品的生产既昂贵又耗时，而且不能直接送到员工手中。另外，这些资料无法经常更新，由于又费时有昂贵，很多公司在规章制度已经变动的情况下也无法及时准确的通知下属员工执行新的规章。如何保证每个人都拥有最新最正确的版本？如何保证公司成员及时了解公司的策略和其它信息是否有改变？利用过去的技术，这些问题都难以解决。市场竞争激烈、变化快，企业必须经常进行调整和改变，而一些内部印发的资料甚至还未到员工手中就已过时了。浪费的不只是人力和物力，还浪费非常宝贵的时间。

解决这些问题的方法就是联网，建立企业的信息系统。已有的方法可以解决一些问题，如利用 E-mail 在公司内部发送邮件，建立信息管理系统。Internet 技术正是解决这些问题的有效方法。利用 Internet 各个方面的技术解决企业的不同问题，这样企业内部网 intranet 诞生了。

Intranet 在企业中的典型应用

Intranet 使各行各业的企业从中受益，利用 Intranet 一定程度地解决了企业战略目标实现上的一些瓶颈问题，如办公效率低下、新产品开发能力不足、生产过程中成本太高或生产计划不合理等。企业将其信息存放于 Web 页面中，使其信息可以得到迅速利用，其信息的制作、打印和传播等费用可大大节省，同时为用户迅速、方便地了解和获取信息提供了一条方便的道路。其在企业中的典型应用有：

- 企业的人事资源管理；
- 企业财务管理；
- 企业的文档管理及技术资料查询；
- 企业的产品开发与研制；
- 企业的计算机软件管理。

2. 外联网 (Extranet)

外联网 (Extranet) 是一个使用与互联网同样技术的计算机网络，它通常建立在互联网中并为指定的用户提供信息的共享和交流等服务。

外部网应用互联网与内部网的技术去服务一些对外的企业，包括特定的客户、供应商或生意上的伙伴。从九十年代到两千年以前，曾经有许多大企业使用企业外部网通过基于万维

网浏览器认证的形式对享有权限的用户提供共享和交换数据的服务。这项技术通常被大型企业用于专为商业伙伴或客户提供的各种信息服务，例如：价格表、产品信息、项目合作、备忘录等等。

使用者可以通过不同的技术对其进行访问，例如 使用 IP 通道，VPN 或者 专用拨号网络。

1.3.4 按传输介质分类

有线网络(Wired Network)

什么是有线网络？

有线网络是指采用有线传输介质如双绞线、同轴电缆、光纤等物理介质来传输数据的网络。

有线网络的特点

传输速率高：目前主流的超五类双绞线为例，支持带宽 155MHz，网络传输速率可达 12Mbps，可以满足中小型局域网的各种需求。

稳定性好：与无线网络比较，受外界环境影响较小，连通性和传输速率比较可靠。

安全性高：网络传输为端到端的连接，传输通道是物理封闭的，相对于无线“广播”方式，安全系数高。

成本较低：计算机的应用日益普及，网络设备的投资越来越低。

有线网络控制系统中存在的问题：

有线网络控制系统中主要存在时延、三包、多包、乱序等问题，这些问题的出现在一定程度上会降低系统的性能，使系统的稳定范围变窄，严重时甚至使系统失稳。

无线网络(Wireless network)

无线网络的定义

近年来，由于无线通信技术的发展，出现了移动上网、无线 Internet。尤其是 10/100Mbps 无线局域网的推出，使无线网络出现了新的生机。

无线网络采用与有线网络同样的工作方法，它们按 PC、服务器、工作站、网络操作系统、无线适配器和访问点通过电缆连接建立网络。

无线局域网是指以无线信道作传输媒介的计算机局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)。

计算机无线联网方式是有线联网方式的一种补充，它是在有线网的基础上发展起来的，使网上的计算机具有可移动性，能快速、方便地解决以有线方式不易实现的网络信道的连通问题。

无线联网要解决两个主要问题：

- (1) 通信信道的实现与性能。
- (2) 提供像有线网络系统那样的网络服务功能。

对于第一点的基本要求是：工作稳定、数据传输率高(大于 1Mbps)、抗干扰、误码率低、频道利用率高、具有保密性和收发的单一性、可以进行有效的数据提取。

对于第二点的基本要求是：现有的网络系统应能在其中运行，即要兼容有线网络的软件，

使用户能透明地操作而无须考虑网络环境。

无线网络的特点

总的来说，无线网络相比传统有线网络的特点主要体现在以下两个方面：

(1) 无线网络组网更加灵活

无线网络使用无线信号通讯，网络接入更加灵活，只要有信号的地方都可以随时随地将网络设备接入到企业内网。因此在企业内网应用需要移动办公或即时演示时，无线网络优势更加明显。

(2) 无线网络规模升级更加方便

无线网络终端设备接入数量限制更少，相比有线网络一个接口对应一个设备，无线路由器容许多个无线终端设备同时接入到无线网络，因此在企业网络规模升级时无线网络优势更加明显。

无线网络的类型

由于计算机主流产品已不采用 EISA 总线，根据使用技术的不同，可将无线网络分为 3 种类型：无线 uN、扩展出 N 和移动计算。其主要区别在于传输设施。无线 LAN 和扩展 LAN 使用的是所在的公司自有的发送器和接收器，而移动计算使用的是公用通信公司所提供的服务。

(1) 无线 LAN，主要包括红外传输、激光传输、窄带无线传输与扩展无线传输。

① 红外传输。所有的红外线网络均采用红外线在设备之间传递数据。红外线具有较宽的带宽，所以能够以较高的速率发送红外线信号，红外线网络通常可以支持 10Mbps 的广播传输，传输距离在 30.5m 以内，还容易受到强烈光线的影响。

② 激光传输。与红外线一样，也是直线传输。任何挡住激光的人和物体都会使传输中断。

③ 窄带(单频)无线传输。和无线电台的广播方式相似。用户将发送器和接收器都调到某一个频率。无线广播的范围是 3km，且不需要相互可见，传输速率为 4.8Mbps，相对较慢。

④ 扩频无线传输。是在一个频率范围中传输信号，可用的频率划分为信道。在预先确定的时间内，扩频适配器调谐到一个特定的信道，以后，再切换到其他信道，信道的顺序确定了定时。网络中的计算机都与信道保持同步。扩频无线传输的传输频率为 250Kbps，有的甚至可以实现 4Mbps 的速率在户外传输 3.22km，在室内传输 244m。

(2) 扩展 LAN 的传输技术，主要包括无线网桥和远距离网桥。

① 无线网桥。可以实现两栋建筑物之间的连接。根据不同的气候和地理环境，无线网桥连接的距离可达 4.8km。

② 远距离网桥。使用扩频技术可以实现以大网之间、以太网与令牌网之间的连接，传输距离可达到 40km。

(3) 移动计算。移动无线网络使用电话公司和公共服务来发送和接收信号。主要包括分组无线通信、蜂窝网络和卫星站。

需要经常变换工作地点的人员可以使用便携计算机或者个人数字助理(PDA)来交换电子邮件、文件和其他信息。移动通信的数据传输速率在 8~19.2Kbps 之间。

无线网络的互连设备

(1) 无线网卡(Client Adapter)

无线网卡的硬件组成包括 RF、IF、SS 和 NIC 等几部分，如图 1.15 所示。

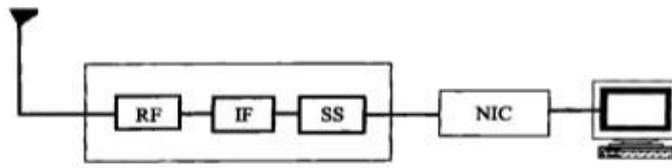


图 1.15 无线网卡硬件组成示意图

(2) 以太网桥接器(EthernetBridge)

用以连接无 PCI 槽，无 USB 口但具有以太网接口的设备。

(3) 无线局域网接入点(Access Point)

- 网桥(Bridge)
- 点对点的桥接(Point-to-Point)
- 点对多点的桥接(Point-to-Multipoint)
- 无线客户端桥接器(AP Client)
- 无线中继器(Wireless Repeater)

(4) 无线宽带路由器(Wireless Router)

无线路由器可用于完成计算机网络互联和不同协议的转换、网络地址的过滤。无线路由器由工业级微机、无线网卡、有线网卡及相应软件构成，视需要可有多种变型的配置。它可以有多个有线接口和多个无线接 ISI，用于进行网间(有线或无线)的路由选择与桥接，借助于技术，把地理上分离的、目前流行的多种有线或无线网相连。

(5) 无线交换机

无线交换机是把无线网络的流量集中起来，在布线间内与有线以太网交换机相连接，通过无线交换机整合无线网络的安全、管理和连接等各种功能，与无线交换机连接的是哑接入点。哑接入点与无线工作站或用户相连，哑接入点的成本仅有普通接入点 AP 的一半价位。

使用无线交换机和哑接入点的结构如图 1.16 所示。

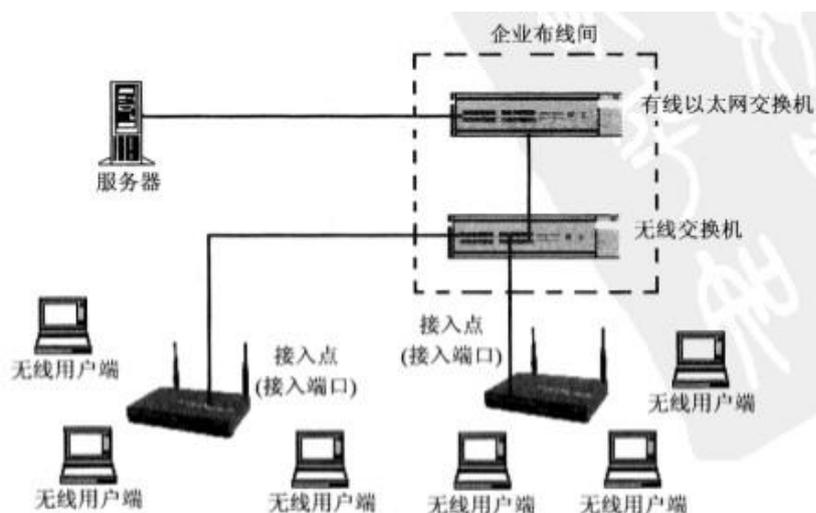


图 1.16 使用无线交换机和哑接入点的结构示意图

(6) 网关

网关应用的场合如图 1.17 所示。

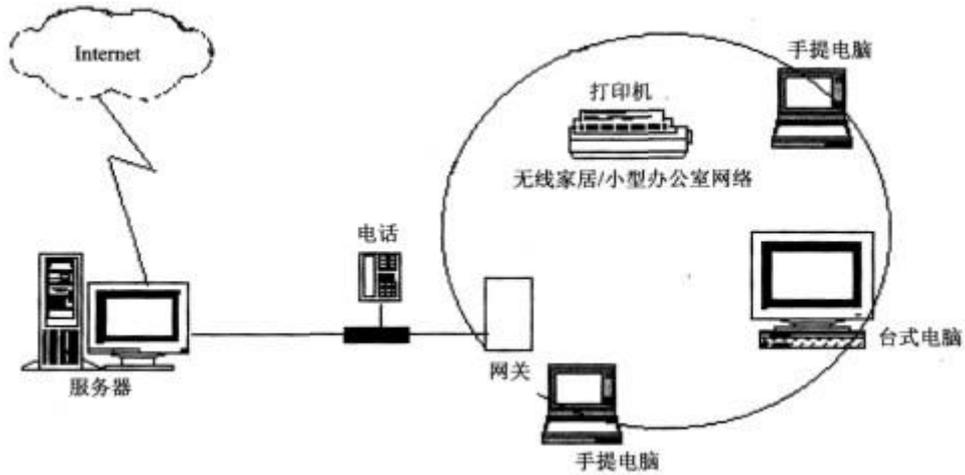


图 1.17 网关应用的场合

(7) 无线 E1/T1 调制解调器

无线 E1/T1 调制解调器是一种全双工的无线调制解调器,为 E1/T1 和其他同步数据应用提供了解决方案。

它支持 DTE 速率从 64Kbps 到 2048Kbps, 射频数据速率可达 3Mbps。

(8) 无线集线器(Hub)

Hub 用在当很多用户需要在他们工作的一个区域内作灵活的移动,而仍然需要随时访问他们的网络设备时,以无线集线器来完成这个连接。

1.3.5 按企业公司管理分类

在计算机网络中包括许多不同的节点在协同工作,其中有作为服务器工作的、有作为客户机服从服务器管理而工作的、也有不受彼此制约共同工作的。因此,按照网络管理的模式可以将其分为服务器 /客户机 (Server/Client) 网络和对等网络两种类型。

1. 服务器 /客户机网络

服务器 /客户机网络是指客户机向服务器发出请求并以此获得服务的一种网络形式。是一种较为常用且比较重要的网络类型,其网络结构如图 1.18 所示。

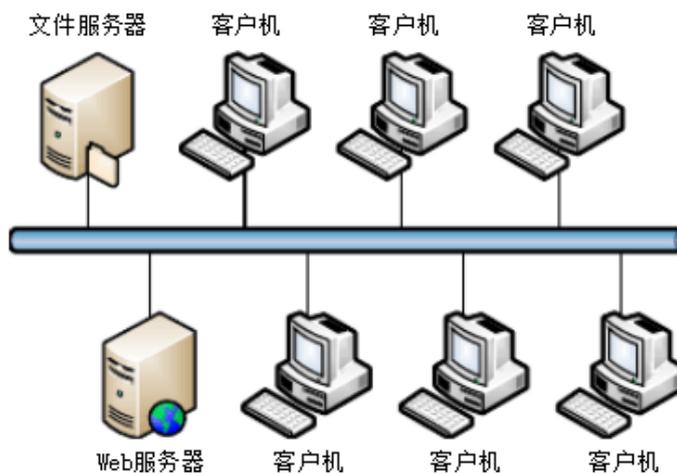


图 1.18 服务器/客户机网络结构

在该网络类型中，服务器一般使用高性能的计算机系统，它是为网络提供资源、控制管理或专门用于服务的计算机系统。服务器一般有文件服务器、打印服务器、邮件服务器、通讯服务器、数据库服务器等。客户机也称为工作站，是指接入网络的计算机，它接受网络服务器的控制和管理，能够共享网络上的各种资源。

在服务器/客户机网络中，所有数据的存储和运行都在服务器上，输入和输出都是在客户机上，因此方便于数据集中管理，且安全性能得到保证。但也由于其所有数据的存储和运行都在服务器上，因此服务器的负载会很大。另外，网络的性能受到服务器性能及客户机数量的影响，当服务器性能较差或客户机数量较多时，网络的性能将严重下降。

2. 对等网络

对等网络又称工作组，在对等网络中各台计算机具有相同的功能，无主从之分，即不需要专门的服务器，任何一台计算机即可以作为服务器，设定共享资源供网络中的其它计算机所使用，又可以作为工作站。它是小型局域网常用的组网方式之一，其结构如图 1.19 所示。

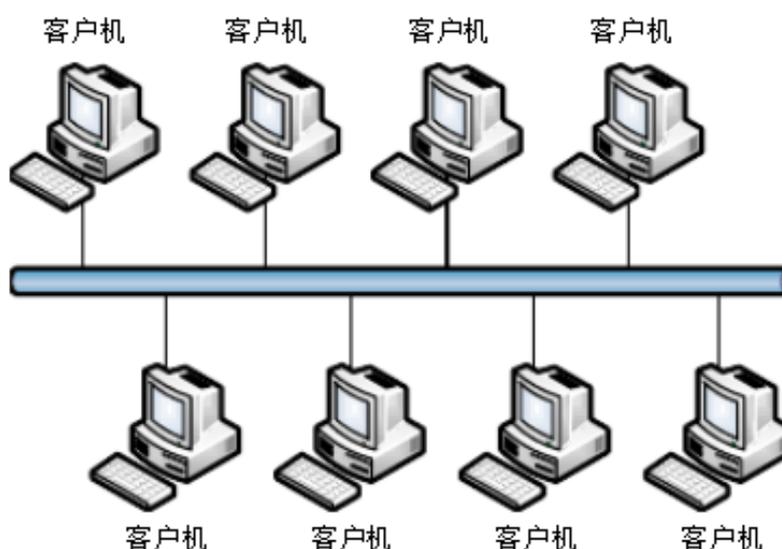


图 1.19 对等网络结构

1.4 计算机网络的功能和拓扑结构

1.4.1 计算机网络的功能

计算机网络有很多功能，其中以数据交换和通信、资源共享为最基本，也是最主要的功能。

1. 数据交换和通信

这是最基本的功能。计算机网络中的计算机之间或计算机与终端之间，可以快速可靠地相互传递数据、程序或文件。例如，电子邮件（E-mail）可以使相隔万里的异地用户快速准确地相互通信；电子数据交换（EDI）可以在商业部门（如海关、银行）或公司之间进行订单、发票、数据等商业文件安全准确的交换；文件传输协议（FTP）可以实现文件的实时传递，为用户复制和查找文件提供了有力的工具。

2. 资源共享

资源是指网络中所有的软件、硬件和数据，共享则是指网络中的用户能够部分或者全部地享受这些资源。如西安地区的社保数据库可供全网内其它地区的社保部门使用；一些大型的计算机软件可供需要的地方或者人通过共享有偿调用或办理一定手续后调用；一些外部设备（如彩色打印机、静电绘图仪等）可使一些没有这些设备的用户也能使用。资源共享提高了资源的利用率，解决了资源在地理位置上的约束，使得用户在使用千里以外的资源时就如同使用本地资源一样方便。

3. 分布处理

计算机网络能够把要处理的任务分散到各个计算机上运行，而不是集中在一台大型计算机上。这样，不仅可以降低软件设计的复杂性，而且还可以大大提高工作效率，降低成本。

4. 集中管理

对地理位置分散的组织和部门，可通过计算机网络来实现集中管理，如数据库情报检索系统、交通运输部门的订票系统、军事指挥系统等。

5. 均衡负荷

当一台计算机出现故障或者负荷太重时，可立即由网络中的另一台计算机来代替其完成所承担的任务。同样，当网络的一条链路出了故障时可选择其它的通信链路进行连接。

6. 信息查询

信息查询是计算机网络提供资源共享的最好工具，当我们想要查询某些信息资源时，通常会通过百度、GOOGLE 这些搜索引擎，输入“关键词”，很快就会找到你想要的内容，就连小学生都会说“百度一下，你就知道”。

7. 远程教育

远程教育是利用 Internet 技术开发的现代在线服务系统，它充分发挥网络可以跨越空间和时间的特点，在网络平台上向学生提供各种与教育相关的信息，做到“任何人在任何时间、任何地点，可以学习任何课程”。比如同学们现在正在学习的计算机网络 MOOC 课程。

8. 电子商务

广义的电子商务包括各行各业的电子业务、电子政务、电子医务、电子军务、电子教务、电子公务和电子家务等；狭义的电子商务指人们利用电子化网络化手段进行商务活动。如大家双十一通过网络在淘宝上进行的“疯狂”购物。

9. 办公自动化

办公自动化如共享打印设备及应用程序能实现办公活动的科学化、自动化，最大限度提高工作质量、工作效率和改善工作环境。

10. 企业管理与决策

通过企业信息网络，企业可以对分布于各地的业务进行及时、统一的管理与控制，实现企业范围内的信息共享，从而大大提高企业在全球化市场的竞争能力。如著名的网络设备生产商 cisco 思科公司利用互联网的力量，就将其企业的劳动生产率提高了 17 亿美元，客户满意度提高了 25%。我们所知道的零售业巨头沃尔玛之所以能够做到“天天低价”，就是因

为它的灵活高效的商品供应和物流配送系统, 沃尔玛投资 4 亿美元由休斯公司发射了一颗商用卫星, 实现了全球联网, 在全球 4000 多家门店通过全球网络可在 1 小时之内对每种商品的库存、上架、销售量全部盘点一遍, 并通知货车司机最新的路况信息, 调整车辆送货的最佳线路; 正是凭借着先进的计算机网络技术, 沃尔玛做到了商店的销售与配送保持同步, 配送中心与供应商运转一致, 提高了工作效率, 降低了成本, 使得沃尔玛超市所售货物在价格上占有绝对优势, 成为消费者的重要选择对象。

1.4.2 计算机网络的拓扑结构

网络中的计算机等设备要实现互联, 就需要以一定的结构方式进行连接, 这种连接方式就叫做“拓扑结构”, 通俗地讲就是这些网络设备是如何连接在一起的。目前常见的网络拓扑结构主要有以下四大类。图 1.11 给出了局域网拓扑结构的示意图。

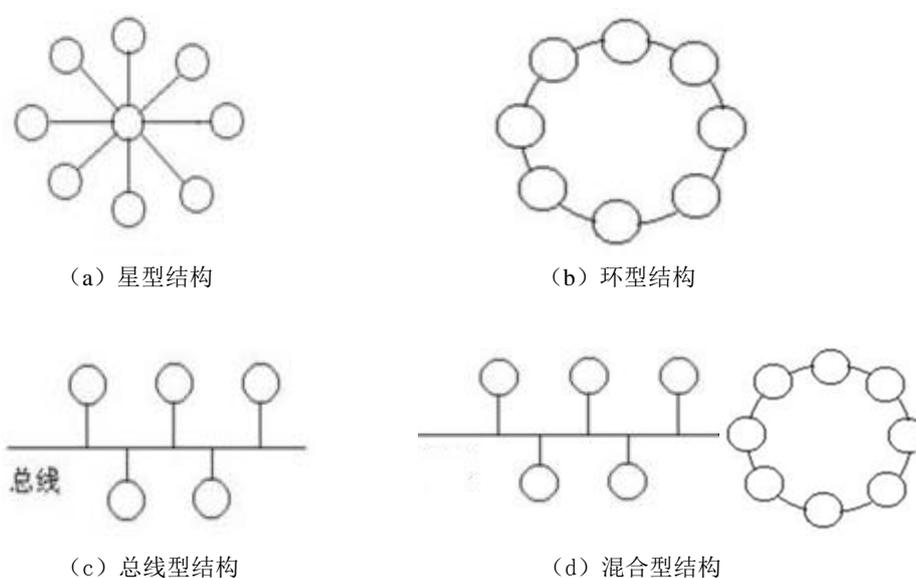


图 1.20 LAN 的拓扑结构示意图

1. 星型结构

这种结构是目前在局域网中应用得最为普遍的一种, 在企业网络中几乎都是采用这一方式。星型网络几乎是 Ethernet (以太网) 网络专用, 它是因网络中的各工作站节点设备通过一个网络集中设备 (如集线器或者交换机) 连接在一起, 各节点呈星状分布而得名。这类网络目前用的最多的传输介质是双绞线, 如常见的五类线、超五类双绞线等。

这种拓扑结构网络的基本特点主要有如下几点:

(1) 容易实现: 它所采用的传输介质一般都是采用通用的双绞线, 这种传输介质相对来说比较便宜。这种拓扑结构主要应用于 IEEE 802.2、IEEE 802.3 标准的以太局域网中。

(2) 节点扩展、移动方便: 节点扩展时只需要从集线器或交换机等集中设备中拉一条线即可, 而要移动一个节点只需要把相应节点设备移到新节点即可, 而不会像环型网络那样“牵其一而动全局”。

(3) 维护容易: 一个节点出现故障不会影响其它节点的连接, 可任意拆走故障节点。

(4) 采用广播信息传送方式: 任何一个节点发送信息在整个网中的节点都可以收到, 这在网络方面存在一定的隐患, 但这在局域网中使用影响不大。

(5) 网络传输数据快: 这一点可以从目前最新的 1000Mbps 到 10G 以太网接入速度可以看出。

2. 环型结构

其实它的主要特点远不止这些，但因为后面我们还要具体讲一下各类网络接入设备，而网络的特点主要是受这些设备的特点来制约的，所以其它一些方面的特点等我们在后面讲到相应网络设备时再补充。

这种结构的网络形式主要应用于令牌网中，在这种网络结构中各设备是直接通过电缆来串接的，最后形成一个闭环，整个网络发送的信息就是在这个环中传递，通常把这类网络称之为“令牌环网”。实际上大多数情况下这种拓扑结构的网络不会是所有计算机真的要连接成物理上的环型，一般情况下，环的两端是通过一个阻抗匹配器来实现环的封闭的，因为在实际组网过程中因地理位置的限制不方便真的做到环的两端物理连接。

这种拓扑结构的网络主要有如下几个特点：

(1) 这种网络结构一般仅适用于 IEEE 802.5 的令牌网 (Token ring network)，在这种网络中，“令牌”是在环型连接中依次传递。所用的传输介质一般是同轴电缆。

(2) 这种网络实现也非常简单，投资最小。可以从其网络结构示意图中看出，组成这个网络除了各工作站就是传输介质——同轴电缆，以及一些连接器材，没有价格昂贵的节点集中设备，如集线器和交换机。但也正因为这样，所以这种网络所能实现的功能最为简单，仅能当作一般的文件服务模式。

(3) 传输速度较快：在令牌网中允许有 16Mbps 的传输速度，它比普通的 10Mbps 以太网要快许多。当然随着以太网的广泛应用和以太网技术的发展，以太网的速度也得到了极大提高，目前普遍都能提供 100Mbps 的网速，远比 16Mbps 要高。

(4) 维护困难：从其网络结构可以看到，整个网络各节点间是直接串联，这样任何一个节点出了故障都会造成整个网络的中断、瘫痪，维护起来非常不便。另一方面因为同轴电缆所采用的是插针式的接触方式，所以非常容易造成接触不良，网络中断，而且这样查找起来非常困难，这一点相信维护过这种网络的人都会深有体会。

(5) 扩展性能差：也是因为它的环型结构，决定了它的扩展性能远不如星型结构的好，如果要新添加或移动节点，就必须中断整个网络，在环的两端作好连接器才能连接。

3. 总线型结构

这种网络拓扑结构中所有设备都直接与总线相连，它所采用的介质一般也是同轴电缆（包括粗缆和细缆），不过现在也有采用光缆作为总线型传输介质的。

这种结构具有以下几个方面的特点：

(1) 组网费用低：从示意图可以这样的结构根本不需要另外的互联设备，是直接通过一条总线进行连接，所以组网费用较低。

(2) 这种网络因为各节点是共用总线带宽的，所以在传输速度上会随着接入网络的用户增多而下降。

(3) 网络用户扩展较灵活：需要扩展用户时只需要添加一个接线器即可，但所能连接的用户数量有限。

(4) 维护较容易：单个节点失效不影响整个网络的正常通信。但是如果总线一断，则整个网络或者相应主干网段就断了。

(5) 这种网络拓扑结构的缺点是一次仅能一个端用户发送数据，其它端用户必须等待到获得发送权。

4. 混合型拓扑结构

这种网络拓扑结构是由星型结构和总线型结构的网络结合在一起的网路结构，这样的拓扑结构更能满足较大网络的拓展，解决星型网络在传输距离上的局限，而同时又解决了总线

型网络在连接用户数量的限制。这种网络拓扑结构同时兼顾了星型网与总线型网络的优点，在缺点方面得到了一定的弥补。

1.5 计算机网络的体系结构

1.5.1 网络的层次体系结构

1. 网络协议的重要性

计算机网络是一个非常复杂的系统，它是由多个互连的结点组成的，结点之间需要不断的交换数据与控制信息。要做到有条不紊的工作，每个结点都必须遵守一些提前约定好的规则。

所有规则的目的和功能是一样的，都是保证网络上的信息能畅通无阻、准确无误地传输到目的地。

2. 什么是网络协议 (Protocol)

网络协议就是为网络数据交换而制定的规则、约定和标准。它包含三方面的要素：

语法 (syntax)：包括数据格式、编码及信号电平等。

语义 (semantics)：包括用于协议和差错处理的控制信息。

同步 (timing)：包括速度匹配和排序。

3. 协议的分层结构

(1) 协议分层结构

协议分层结构的思想是用一个模块的集合来完成不同的通信功能，以简化设计的复杂性。大多数的网络通信功能，以简化设计的复杂性。大多数的网络都按照层次的方式来组织，每一层完成特定的功能，每一层都建立在它的下层之上。如图 1.21 所示。

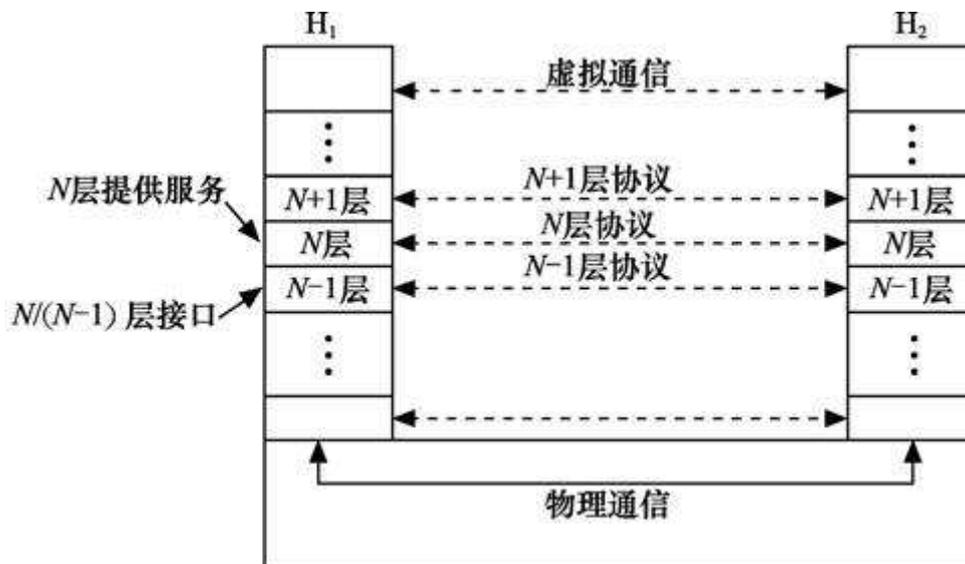


图 1.21 网络的层次结构模型

(2) 层次结构的优点

- ① 各层次之间相互独立，复杂度降低。
- ② 结构上可以分隔开：各层都可以采用最合适的技术来实现。
- ③ 易于实现和维护：系统已经被分解为若干个相对独立的子系统。
- ④ 灵活性好：一层发生变化不影响其他各层。

⑤ 能促进标准化工作：每一层的功能及其所提供的服务都有详细的说明。

(3) 选择通信协议的原则

- ① 所选择的协议要与网络结构和功能相一致。
- ② 除特殊情况外，一个网络应该尽量只选择一种通信协议。
- ③ 每个版本的协议都有它最适合的网络环境。
- ④ 必须使用相同的通信协议，两台实现互连的计算机之间才能够进行通信。

(4) 几个重要的概念

- ① 实体：每一层中活动的元素称为实体。可以是软件，如进程，也可以是硬件，如芯片等。
- ② 对等实体：不同机器上位于同一层次、完成相同功能的实体。
- ③ 服务：在网络分层结构模型中，每一层为相邻的上一层所提供的功能称为服务。
- ④ 接口：服务是通过接口完成，在同一系统中相邻两层实体进行交互的地方，通常称为服务访问点 SAP(Service Access Point)。每个 SAP 都有一个标识，称之为端口(Port)。正是通过接口和服务将各层的协议连接为整体，完成网络通信的全部功能。

(5) 数据单元

上下层实体之间交换的数据传输单元称为数据单元。数据单元分为三种：

① 协议数据单元 (Protocol Data Unit)

是在不同系统的对等层实体之间根据协议所交换的数据单位。 n 层的 PDU 通常表示为(n) PDU。

协议数据单元包括改成用户数据和该层的协议控制信息 (PCI, Protocol Control Information)。

② 接口数据单元 (Interface Data Unit)

是在同一个系统的相邻两层实体之间通过接口所交换的数据单元。

接口数据单元 (PDU) 由两部分组成：一部分是经过接口的 PDU 本身，另一部分是接口控制信息 (ICI, Interface Control Information)。ICI 是对 PDU 怎样通过接口的说明，仅 PDU 通过接口是有用。

③ 服务数据单元 (Service Data Unit)

服务数据单元 (SDU) 是为了实现上一层实体请求的功能，下层实体服务所需设置的数据单元。

一个服务数据单元就是一个服务所要传送的逻辑数据单位。

(6) 网络体系结构

① 网络体系结构的概念

网络体系结构 (Network Architecture) 是指网络层次结构模型与各层协议的集合。网络体系结构对计算机网络应该实现的功能进行精确的定义，而这些功能是用哪种硬件与软件来完成是具体实现问题。体系结构是抽象的，而实现是具体的，它是指运行的一些硬件和软件。

② 体系结构的功能

- 连接源节点和目的节点的物理传输线路，可以经过中间节点。
- 每条线路两端的节点应当进行二进制通信。
- 保证无差错的信息传输。
- 多个用户共享一条物理线路。
- 路由选择。

③ 网络体系结构的特点

- 以功能作为划分层次的基础。

- 第 N 层的实体在实现自身定义的功能时，只能使用第 N-1 层提供的服务。
- 第 N 层向第 N+1 层提供的服务，不仅包括第 N 层本身的功能，还包括由下层服务提供的功能。

④ 网络体系结构的种类

网络体系结构分为开放式和专用式两种。

- ISO 的 OSI/RM。
- 美国国防部的 TCP/IP。
- IBM 的 SNA。
- DEC 的 DNA。

以上的网络体系结构中，以 ISO 的 OSI/RM 和美国国防部的 TCP/IP 最为常见，本教材将予以重点讲解。

1.5.2 ISO 的 OSI/RM

一开始，各个公司都有自己的网络体系结构，就使得各公司自己生产的各种设备容易互连成网，有助于该公司垄断自己的产品。但是，随着社会的发展，不同网络体系结构的用户迫切要求能互相交换信息。为了使不同体系结构的计算机网络都能互连，国际标准化组织 ISO 于 1977 年成立专门机构研究这个问题。1978 年 ISO 提出了“异种机连网标准”的框架结构，这就是著名的开放系统互联基本参考模型 OSI/RM (Open Systems Interconnection Reference Modle)，简称为 OSI。

OSI 得到了国际上的承认，成为其他各种计算机网络体系结构依照的标准，大大地推动了计算机网络的发展。20 世纪 70 年代末到 80 年代初，出现了利用人造通信卫星进行中继的国际通信网络。网络互联技术不断成熟和完善，局域网和网络互联开始商品化。

OSI 参考模型用物理层、数据链路层、网络层、传输层、对话层、表示层和应用层七个层次描述网络的结构，它的规范对所有的厂商是开放的，具有指导国际网络结构和开放系统走向的作用。它直接影响总线、接口和网络的性能。常见的网络体系结构有 FDDI、以太网、令牌环网和快速以太网等。从网络互连的角度看，网络体系结构的关键要素是协议和拓扑。

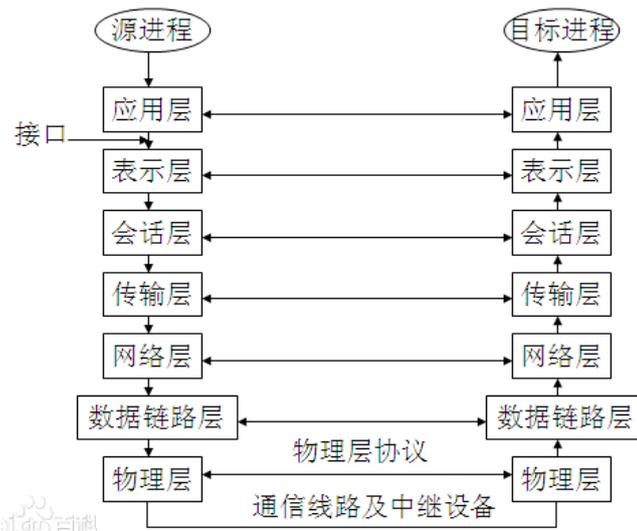


图 1.20 OSI 七层结构示意图

第一层：物理层 (PhysicalLayer)

规定通信设备的机械的、电气的、功能的和规程的特性，用以建立、维护和拆除物理链路连接。具体地讲，机械特性规定了网络连接时所需接插件的规格尺寸、引脚数量和排列情况等；电气特性规定了在物理连接上传输 bit 流时线路上信号电平的大小、阻抗匹配、传输

速率距离限制等；功能特性是指对各个信号先分配确切的信号含义，即定义了 DTE 和 DCE 之间各个线路的功能；规程特性定义了利用信号线进行 bit 流传输的一组操作规程，是指在物理连接的建立、维护、交换信息时，DTE 和 DCE 双方在各电路上的动作系列。

在这一层，数据的单位称为比特 (bit)。物理层的主要设备有：中继器、集线器、适配器。

第二层：数据链路层 (DataLinkLayer)

在物理层提供比特流服务的基础上，建立相邻结点之间的数据链路，通过差错控制提供数据帧 (Frame) 在信道上无差错的传输，并进行各电路上的动作系列。

数据链路层在不可靠的物理介质上提供可靠的传输。该层的作用包括：物理地址寻址、数据的成帧、流量控制、数据的检错、重发等。

在这一层，数据的单位称为帧 (frame)。

数据链路层主要设备：二层交换机、网桥

第三层：网络层 (Network layer)

在计算机网络中进行通信的两个计算机之间可能会经过很多个数据链路，也可能还要经过很多通信子网。网络层的任务就是选择合适的网间路由和交换结点，确保数据及时传送。网络层将数据链路层提供的帧组成数据包，包中封装有网络层包头，其中含有逻辑地址信息——源站点和目的站点地址的网络地址。

如果你在谈论一个 IP 地址，那么你是在处理第 3 层的问题，这是“数据包”问题，而不是第 2 层的“帧”。IP 是第 3 层问题的一部分，此外还有一些路由协议和地址解析协议 (ARP)。有关路由的一切事情都在第 3 层处理。地址解析和路由是 3 层的重要目的。网络层还可以实现拥塞控制、网际互连等功能。

在这一层，数据的单位称为数据包 (packet)。

网络层协议的代表包括：IP、IPX、RIP、ARP、RARP、OSPF 等。

网络层主要设备：路由器

第四层：传输层 (Transport layer)

第 4 层的数据单元也称作处理信息的传输层 (Transport layer)。但是，当你谈论 TCP 等具体的协议时又有特殊的叫法，TCP 的数据单元称为段 (segments) 而 UDP 协议的数据单元称为“数据报 (datagrams)”。这个层负责获取全部信息，因此，它必须跟踪数据单元碎片、乱序到达的数据包和其它在传输过程中可能发生的危险。第 4 层为上层提供端到端 (最终用户到最终用户) 的透明的、可靠的数据传输服务。所谓透明的传输是指在通信过程中传输层对上层屏蔽了通信传输系统的具体细节。

传输层协议的代表包括：TCP、UDP、SPX 等。

第五层：会话层 (Session layer)

这一层也可以称为会晤层或对话层，在会话层及以上的高层次中，数据传送的单位不再另外命名，统称为报文。会话层不参与具体的传输，它提供包括访问验证和会话管理在内的建立和维护应用之间通信的机制。如服务器验证用户登录便是由会话层完成的。

第六层：表示层 (Presentation layer)

这一层主要解决用户信息的语法表示问题。它将欲交换的数据从适合于某一用户的抽象语法，转换为适合于 OSI 系统内部使用的传送语法。即提供格式化的表示和转换数据服务。数据的压缩和解压缩，加密和解密等工作都由表示层负责。例如图像格式化的显示，就是由位于表示层的协议来支持。

第七层：应用层 (Application layer)

应用层为操作系统或网络应用程序提供访问网络服务的接口。

应用层协议的代表包括：Telnet、FTP、HTTP、SNMP 等。

由于 OSI 体系结构太复杂，在实际应用中 TCP/IP 的四层体系结构得到广泛应用。

1.5.3 Internet 的体系结构

Internet 网络体系结构以 TCP/IP 协议为核心。其中 IP 协议用来给各种不同的通信子网或局域网提供一个统一的互连平台，TCP 协议则用来为应用程序提供端到端的通信和控制功能。Internet 并不是一个实际的物理网络或独立的计算机网络，它是世界上各种使用统一 TCP/IP 协议的网络的互连。Internet 已是一个在全球范围内急剧发展、且占主导地位的计算机互连网络。TCP/IP 协议栈如图 1.21 所示。

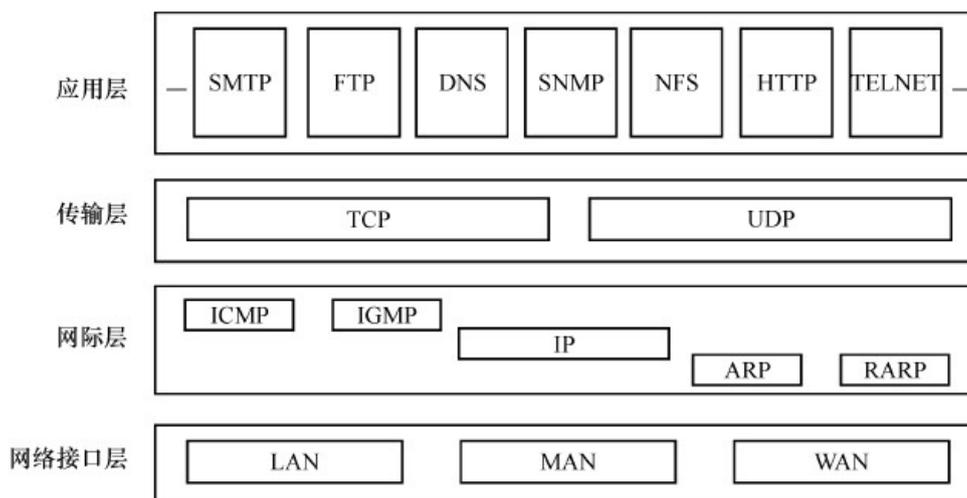


图 1.21 TCP/IP 协议栈

TCP/IP 协议遵守一个四层的模型概念：应用层、传输层、互联层和网络接口层。

1. 网络接口层 (Network Access Layer)

模型的最底层是网络接口层。负责数据帧的发送和接收，帧是独立的网络信息传输单元。网络接口层将帧放在网上，或从网上把帧取下来。

2. 网际层 (Internet Layer)

互联协议将数据包封装成 internet 数据报，并运行必要的路由算法。这里有四个互联协议：

- ① 网际协议 IP：负责在主机和网络之间寻址和路由数据包。
- ② 地址解析协议 ARP：获得同一物理网络中的硬件主机地址。
- ③ 网际控制消息协议 ICMP：发送消息，并报告有关数据包的传送错误。
- ④ 互联组管理协议 IGMP：被 IP 主机拿来向本地多路广播路由器报告主机组成员。

3. 传输层 (Transport Layer)

传输协议在计算机之间提供通信会话。传输协议的选择根据数据传输方式而定。两个传输协议：

- ① 传输控制协议 TCP：为应用程序提供可靠的通信连接。适合于一次传输大批数据的情况。并适用于要求得到响应的应用程序。
- ② 用户数据报协议 UDP：提供了无连接通信，且不对传送包进行可靠的保证。适合于一次传输小量数据，可靠性则由应用层来负责。

4. 应用层 (Application Layer)

应用程序通过这一层访问网络。应用层包含所有的高层协议，包括：

- ① 虚拟终端协议 (TELNET)：允许一台机器上的用户登录到远程机器上，并进行工作。
- ② 文件传输协议 (FTP)：提供有效地将文件从一台机器上移到另一台机器上的方法。
- ③ 电子邮件传输协议 (SMTP)：用于电子邮件的收发。
- ④ 域名服务 (DNS)：用于把主机名映射到网络地址。
- ⑤ 网络文件系统 (NFS)：FreeBSD 支持的文件系统中的一种，它允许网络中的计算机之间通过 TCP/IP 网络共享资源。
- ⑥ 超文本传送协议 (HTTP)：用于在 WWW 上获取主页。
- ⑦ 简单网络管理协议 (SNMP)：支持网络管理系统，用以监测连接到网络上的设备是否有任何引起管理上关注的情况。

1.5.4 建议化的参考模型

OSI 参考模型与 TCP/IP 模型的共同之处是：他们都采用了层次结构的概念，在传输层定义了相似的功能，但是二者在层次划分与使用的协议上是有很大差别的，也正是这种差别对两个模型的发展产生的两个截然不同的局面，OSI 参考模型走向消亡而 TCP/IP 模型得到了发展，原因何在呢？

1. 对 OSI 参考模型的评价：

造成 OSI 参考模型不能流行的主要原因是之一是其自身的缺陷。会话层在大多数应用中很少用到，表示层几乎是空的。在数据链路层与网络层之间有很多的子层插入，每个子层有不同的功能。OSI 模型将“服务”与“协议”的定义结合起来，使得参考模型变得格外复杂，将它的实现起是困难的。同时，寻址、流控与差错控制在每一层里都重复出现，必然降低系统效率。虚拟终端协议最初安排在表示层，现在安排在应用层。关于数据安全性，加密与网络管理等方面的问题也在参考模型的设计初期被忽略了。参考模型的设计更多是被通信思想所支配，很多选择不适合于计算机与软件的工作方式。很多“原语”在软件的很多高级语言中实现起来很容易，但严格按照层次模型编程的软件效率很低。

2. TCP/IP 模型的评价

TCP/IP 参考模型与协议也有它自身的缺陷：

(1) 它在服务、接口与协议的区别上不清楚。一个好的软件工程应该将功能与实现方法区分开来，TCP/IP 恰恰没有很好的做到这点，这就使得 TCP/IP 参考模型对于使用新技术的指导意义不够。

(2) TCP/IP 的主机—网络层本身并不是实际的一层，它定义了网络层与数据链路层的接口。物理层与数据链路层的划分是必要和合理的，一个好的参考模型应该将它们区分开来，而 TCP/IP 参考模型却没有做到这点。

3. 一种建议的层次参考模型

无论 OSI 或 TCP/IP 参考模型都有成功和不足的方面。为了保证计算机网络教学的科学性和系统性，本章将采纳 Andrew S. Tanenbaum 建议的一种参考模型——只包括五层的参考模型。该模型比 OSI 参考模型少了表示层与会话层，而用数据链路层与物理层取代了主机与网络层。如图 1.22 所示。



图 1.22 五层的网络层次模型

1.6 计算机网络的组成

1.6.1 计算机网络的系统组成

计算机网络系统就是利用通信设备和线路将地理位置不同、功能独立的多个计算机系统互联起来，以功能完善的网络软件实现网络中资源共享和信息传递的系统。通过计算机的互联，实现计算机之间的通信，从而实现计算机系统之间的信息、软件和设备资源的共享以及协同工作等功能，其本质特征在于提供计算机之间的各类资源的高度共享，实现便捷地交流信息和交换思想。

计算机网络系统是由网络硬件和网络软件组成的。在网络系统中，硬件的选择对网络起着决定性的作用，而网络软件则是挖掘网络潜力的工具。

硬件系统是计算机网络的基础。硬件系统有计算机、通信设备、连接设备及辅助设备组成。硬件系统中设备的组合形式决定了计算机网络的类型。下面介绍几种网络中常用的硬件设备。

1. 服务器

服务器是一台速度快，存储量大的计算机，它是网络系统的核心设备，负责网络资源管理和用户服务。服务器可分为文件服务器、远程访问服务器、数据库服务器、打印服务器等，是一台专用或多用途的计算机。在互联网中，服务器之间互通信息，相互提供服务，每台服务器的地位是平等的。服务器需要专门的技术人员对其进行管理和维护，以保证整个网络的正常运行。

2. 工作站

工作站是具有独立处理能力的计算机，它是用户向服务器申请服务的终端设备。用户可以在工作站上处理日常工作，并随时向服务器索取各种信息及数据，请求服务器提供各种服务(如传输文件，打印文件等等)。

3. 网卡

网卡又称为网络适配器,它是计算机和计算机之间直接或间接传输介质互相通信的接口,它插在计算机的扩展槽中。一般情况下,无论是服务器还是工作站都应安装网卡。网卡的作用是将计算机与通信设施相连接,将计算机的数字信号转换成通信线路能够传送的电子信号或电磁信号。网卡是物理通信的瓶颈,它的好坏直接影响用户将来的软件使用效果和物理功能的发挥。目前,常用的有 10Mbps、100Mbps 和 10Mbps/100Mbps 自适应网卡,网卡的总线形式有 ISA 和 PCI 两种。

4. 调制解调器

调制解调器 (Modem) 是一种信号转换装置。它可以把计算机的数字信号“调制”成通信线路的模拟信号,将通信线路的模拟信号“解调”回计算机的数字信号。调制解调器的作用是将计算机与公用电话线相连接,使得现有网络系统以外的计算机用户,能够通过拨号的方式利用公用电话网访问计算机网络系统。这些计算机用户被称为计算机网络的增值用户。增值用户的计算机上可以不安装网卡,但必须配备一个调制解调器。

5. 集线器

集线器 (Hub) 是局域网中使用的连接设备。它具有多个端口,可连接多台计算机。在局域网中常以集线器为中心,用双绞线将所有分散的工作站与服务器连接在一起,形成星形拓扑结构的局域网系统。这样的网络连接,在网上的某个节点发生故障时,不会影响其他节点的正常工作。

集线器分为普通型和交换型 (Switch),交换型的传输效率比较高,目前用的较多。集线器的传输速率有 10Mbps、100Mbps 和 10Mbps/100Mbps 自适应的。

6. 网桥

网桥 (Bridge) 也是局域网使用的连接设备。网桥的作用是扩展网络的距离,减轻网络的负载。在局域网中每条通信线路的长度和连接的设备数都是有最大限度的,如果超载就会降低网络的工作性能。对于较大的局域网可以采用网桥将负担过重的网络分成多个网络段,当信号通过网桥时,网桥会将非本网段的信号排除掉(即过滤),使网络信号能够更有效地使用信道,从而达到减轻网络负担的目的。由网桥隔开的网络段仍属于同一局域网,网络地址相同,但分段地址不同。

7. 交换机

交换机 (Switch) 意为“开关”是一种用于电(光)信号转发的网络设备。它可以为接入交换机的任意两个网络节点提供独享的电信号通路。最常见的交换机是以太网交换机。其他常见的还有电话语音交换机、光纤交换机等。交换机内部的 CPU 会在每个端口成功连接时,通过将 MAC 地址和端口对应,形成一张 MAC 表。在今后的通信中,发往该 MAC 地址的数据包将仅送往其对应的端口,而不是所有的端口。因此,交换机可用于划分数据链路层广播,即冲突域;但它不能划分网络层广播,即广播域。

8. 路由器

路由器 (Router) 是互联网中使用的连接设备。它可以将两个网络连接在一起,组成更大的网络。被连接的网络可以是局域网也可以是互联网,连接后的网络都可以称为互联网。路由器不仅有网桥的全部功能,还具有路径的选择功能。路由器可根据网络上信息拥挤的程度,自动地选择适当的线路传递信息。

在互联网中,两台计算机之间传送数据的通路会有很多条,数据包(或分组)从一台计算

机出发,中途要经过多个站点才能到达另一台计算机。这些中间站点通常是由路由器组成的,路由器的作用就是为数据包(或分组)选择一条合适的传送路径。用路由器隔开的网络属于不同的局域网地址。

1.6.2 计算机网络涉及的软件

网络软件一般是指系统的网络操作系统、网络通信协议和应用级的提供网络服务功能的专用软件。

计算机网络中的软件按其功能可以划分为数据通信软件、网络操作系统和网络应用软件。

1. 数据通信软件

数据通信软件是指按着网络协议的要求,完成通信功能的软件。

2. 网络操作系统

网络操作系统是用于管理网络软、硬资源,提供简单网络管理的系统软件。常见的网络操作系统有 UNIX、Netware、Windows NT、Linux 等。UNIX 是一种强大的分时操作系统,以前在大型机和小型机上使用,已经向 PC 过渡。UNIX 支持 TCP/IP 协议,安全性、可靠性强,缺点是操作使用复杂。常见的 UNIX 操作系统有 SUN 公司的 Solaris、IBM 公司的 AIX、HP 公司 HP UNIX 等。Netware 是 Novell 公司开发的早期局域网操作系统,使用 IPX/SPX 协议,至 2011 年最新版本 Netware 5.0 也支持 TCP/IP 协议,安全性、可靠性较强,其优点是具有 NDS 目录服务,缺点是操作使用较复杂。WinNT Server 是微软公司为解决 PC 做服务器而设计的,操作简单方便,缺点是安全性、可靠性较差,使用与中小型网络。Linux 是一个免费的网络操作系统,源代码完全开发,是 UNIX 的一个分支,内核基本和 UNIX 一样,具有 WinNT 的界面,操作简单,缺点是应用程序较少。

3. 网络应用软件

网络应用软件是指网络能够为用户提供各种服务的软件。如浏览查询软件,传输软件,远程登录软件,电子邮件等等。

网络应用软件的任务是实现网络总体规划所规定的各项业务,提供网络服务和资源共享。网络应用系统有通用和专用之分。通用网络应用软件适用于较广泛的领域和行业,如数据收集系统、数据转发系统和数据库查询系统等。专用网络应用软件只适用于特定的行业和领域,如银行核算、铁路控制、军事指挥等。一个真正实用的、具有较大效益的计算机网络,除了配置上述各种软件外,通常还应在网络协议软件与网络应用系统之间,建立一个完善的网络应用支撑平台,为网络用户创造一个良好的运行环境和开发环境。功能较强的计算机网络通常还设立一些负责全网运行工作的特殊主机系统(如网络管理中心、控制中心、信息中心、测量中心等)。对于这些特殊的主机系统,除了配置各种基本的网络软件外,还要根据它们所承担的网络管理工作编制有关的特殊网络软件。

本章小结

本章主要讲述了以下内容:

计算机网络的基本概念,主要介绍了什么是计算机网络?计算机网络的功能。

计算机网络的形成和发展,主要介绍了以主机为中心的联机系统、计算机——计算机网络、分组交换技术的产生、Internet 的产生于发展等内容。

计算机网络的分类,主要介绍了按功能分类、按地理范围分类、按使用范围分类、按传

输介质分类、按企业公司管理分类等不同分类方法的计算机网络。

计算机网络的功能和拓扑结构,主要介绍了计算机网络的功能、计算机网络的拓扑结构。

计算机网络的体系结构,主要介绍了网络的层次体系结构及其相关概念、两种具体的网络参考模型 ISO 的 OSI/RM 和美国国防部的 TCP/IP。

计算机网络的组成,主要介绍了计算机网络的系统组成、计算机网络涉及的软件。

习题一

1. 填空题

(1) 计算机网络按照功能可分为公用网和_____；按照地理范围可分为_____、城域网、_____、个人局域网和_____五种类型；按使用范围可分为内联网（Intranet）和_____；按照传输介质可分为有线网络（Wired Network）和_____；按照企业公司管理可分为服务器 / 客户机（Server/Client）网络和_____两种类型。

(2) 计算机网络最基本,也是最主要的功能有数据交换和通信、_____。

(3) 计算机网络的拓扑结构主要有星型结构、_____、_____和混合型结构四种。

(4) 网络体系结构中,以 ISO 的 OSI/RM 和美国国防部的_____最为常见。

(5) 一个完整的计算机网络系统,由硬件系统和_____两部分组成。

2. 简答题

(1) 计算机网络的发展经过了哪几个阶段? 每个阶段各有什么特点?

(2) 计算机网络协议的三要素是什么? 各有什么含义?

(3) 试举出生活中分层的体系结构的例子。

参考文献

- [1]钟志永,姚珺. 大学计算机应用基础. 重庆: 重庆大学出版社, 2012: 144-146
- [2]谢希仁. 计算机网络(第7版). 北京: 电子工业出版社, 2017: 1-2
- [3]刘红冰. 计算机应用基础教程 Windows 7+Office 2010[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2015.09. 220
- [4]谭浩强. 计算机网络教程(第5版). 北京: 电子工业出版社, 2011: 6-7
- [5]杜煜,姚鸿. 计算机网络基础教程(第2版). 北京: 人民邮电出版社, 2008: 6-7
- [6]杨选辉. 网页设计与制作教程: 清华大学出版社, 2005年5月7
- [7]周友兵. 数字通信基础. 机械工业出版社, 2008. 1
- [8]袁志强,何嘉斌,王世勋. 基于蓝牙的个人局域网(PAN)的设计. 《通信与信息技术》, 2006
- [9]姚晓玲. 蓝牙技术在个人局域网(PAN)中的应用. 《图书情报导刊》, 2004
- [10]罗振辉. 个人局域网成像应用及支撑技术. 《电子产品世界》, 2003
- [11]刘瑜. 蓝牙个人局域网的研究与实现. 《北京交通大学》, 2008
- [12]韩璐,宋晓虹,张宁. 移动个人局域网中路由选择的研究. 《铁路计算机应用》, 2007
- [13]万振凯. 第1章 计算机网络基础 ASP.NET3.5 前沿技术与实战案例精粹.中国铁道出版社, 2010.02
- [14]王明昊主编,李然,董会国,孙莉娜副主编. 基于 Windows 的网络构建,清华大学出版社, 2012.10

- [15]周又玲主编,杜锋,汤全武,白勇副主编. MATLAB 在电气信息类专业中的应用.清华大学出版社,2011.06
- [16]罗昶,黎连业,潘朝阳. 计算机网络故障诊断与排除. 清华大学出版社, 2011.03
- [17]郭利强. 网络中的虚拟世界. .天津人民出版社, 2011.09
- [18]杨子文. 现代军队信息技术应用与军队信息化建设管理指导手册第二卷.宁夏大地音像出版社
- [19]王毅. 建筑及居住区数字化技术应用指南: 中国标准出版社, 2007
- [20]William Stallings. 《数据与计算机通信》(DATA & COMPUTER COMMUNICATIONS, 6th Ed., ISBN 7-04-010043-6)
- [21]鲍居武、曹军, 计算机网络基础及典型案例: 北京理工大学出版社, 2000
- [22]谢希仁等, 计算机网络: 大连理工大学出版社, 2006
- [23]Comer,D.E, 用 TCP/IP 进行网际互连第 I 卷: 原理、协议和体系结构: 电子工业出版社, 1998