因特网与应用

二〇〇二年一月

华中科技大学计算中心

前 言

本讲义的第一章由李之棠编写，第二章和第五章由梅松编写，第三章和第四章由郑宏忠编写，第六章由陈琳编写，第七章由王起宏、汪洋、王美珍、高翠霞、王景素编写。全书由李之棠和陈琳进行定稿。王景素和王美珍为本讲义的最后成稿作了很多工作。

本书对传统计算机网络教材的内容进行了较大的裁减和增删，以适应目前大学生学习网络的需要。由于时间仓促，加之水平有限，错误在所难免，欢迎读者不吝赐教。另外，参考文献暂未列出。

TP393.4/284

目 录

第1章 计算机网络基础

1.1 网络与现代社会

物质、能量和信息是构成整个世界的基本要素。工业化时代产生的铁路或公路是运输物质的网络，它给人类社会带来物质、交通和文明；尔后产生的电网和燃气管道则是运输能量的网络，它给人类社会带来能量、光明和冷暖。本世纪交替之际，计算机和因特网的出现把人类带入了信息化时代。因特网是运输信息的网络，它给人类社会带来信息、优化（高速、高效、轻小、协调和智能等）和快乐。因特网是数字化、大容量、高速度和全球化的信息网络，而在此之前产生的电话和电视网络也正在逐步融入数字化的因特网中。

因特网是二十一世纪人类社会的数字信息神经，它正以前所未有的速度在全球各个地方迅猛发展。其规模一天天扩大，带宽一天天提升，服务一天天增加。目前，因特网已遍布200多个国家和地区，拥有大约3.75亿多网民，接入一亿多台计算机，网上信息流量每6个月就翻一番，有近7500多家ISP和ICP企业正在为用户提供接入和内容服务。中国上网计算机约有1002万台，上网用户数约2650万，CN下注册域名12.8362万个，WWW站点数24.2739个。因特网携卷的信息浪潮正铺天盖地地冲向人类生活的各个领域。这一切正在并将继续对人类社会的科学、技术、政治、经济、军事乃至文化和生活产生巨大的作用和深远的影响。

因特网功能的本质就是降低信息传输的成本，从而导致信息（或知识）代替资本在经济构成中的主导地位，并成为核心经济资源。而这种全球化信息经济形态就是所谓网络经济。网络经济的内涵是经济驱动要素的“信息化”，而外延是经济合作的“全球化”。网络经济也是生产者和消费者通过网路直接见面的经济，是信息产业和服务业为主导的经济，也称为信息经济或服务经济。

因特网的开放式结构和遍布全球的神经将缩小或消除空间障碍；高速带宽和海量存储将缩小或消除时间障碍；主动多媒体和多向交互将缩小或消除单向障碍；内容的丰富和瞬息万变将缩小或消除内容障碍。这将使每个人都能随时随地同另一个人进行充分的信息交流。

因特网首先向人们提供WWW、电子邮件(E-mail)、文件传输(FTP)、电子公告系统(BBS)、新闻组和聊天室等传统的信息传输服务，使全球化的信息交流在速度、方式、容量和规模等方面都产生了革命性的变化。90年代后期兴起的因特网网站如雨后春笋。不论是南非的咖啡、北美的汽车，还是西欧的艺术、东亚的风情，当然还有中东的石油，只要你轻轻点击一下小小的鼠标，一切立即出现在你眼前。银行家在因特网上建立没有摩天大楼的虚拟银行，农民们则在因特网上销售自己生产的土豆、大葱和蛇毒……人类几千年来镜花水月般穿越时空的梦想，一夜之间仿佛成为现实。

随着网络上实时和主动多媒体应用的不断扩展和提高，世界各国正在研究和建设第二代互联网。第二代互联网的基本特征至少有二，一是要建设更高速的主干网络；如美国的VBNS

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

高速主干目前就达到 10Gbps，而我国教育科研计算机网 CERNET（China Education and Research Network）主干网也已达到 2.5Gbps。二是革命性应用，如电子商务、电子政务、网络电话、数字图书馆、虚拟实验室、分布计算、远程教育、远程医疗以及网上娱乐等。网络一旦进入社会的各个领域，特别是深入到企业的各个方面，使企业运营网络化（也可以说是信息化+全球化），这便触动了整个经济产业的灵魂。网络将从单纯技术工具变成改变企业经营管理理念、创新商业模式甚至人们思维方式的革命性动力。这将使传统生产方式向分散作业、定制生产、虚拟工厂以及面向任务组织的方向发展；同时网络的普及和发展也将促进网络媒体（又称第四媒体）、信息化城市、信息化校园和信息化公安等的发展，这一切将影响和改变人们的生活方式和思维方式。

1.2 因特网历史事件

- 1957 年，美国国防部（DoD）为保持在军事科学技术方面的领先地位，成立了高等研究工程机构 ARPA(Advanced Research Projects Agency)，以作为对当时苏联成功发射卫星的回应。
- 1962 年，兰德公司（Rand Corporation）提出美国的包交换网络，美空军把它作为核打击之后控制导弹和轰炸的手段。
- 1968 年， BBN 从 ARPA 得到开发 ARPANET 的合同。
- 1969 年，ARPA 用 ARPANET 来测试政府的包交换。网络由四个节点组成，他们分别是位于 Santa Barbara 的 California 大学， Los Angeles 的 California 大学， Stanford 的 SRI 和 Utah 大学。
- 1972 年，BBN 产生出第一个 email 程序，ARPA 被改名为 DARPA(Defense ARPA)。
- 1973 年，引入 TCP/IP 协议，ARPANET 连接约有 250 个站点和 750 台计算机。TCP/IP 允许不同的计算机网络互连并互相通信。
- 1974 年，术语“Internet”出现在传输控制协议的论文上。
- 1978 年，基本的 TCP/IP 协议集呈现出现在的形式。
- 1979 年，非集中式的新闻组网络 USENET 产生。
- 1980 年，DARPA 开始进行把 TCP/IP 协议用于 ARPRNET 的转换。
- 1981 年，美国国家科学基金（NFS）根据大学和工业界研究团体的要求，批准资助计算机科学网络（CSNET），这是一个计算机科学研究人员的合作网络。
- 布了包含 TCP/IP 协议的 Unix 操作系统 Berkeley System Distribution(4.2 BSD)。如此同时，DARPA 完成 TCP/IP 的转换并用 TCP/IP 协议把计算机连接到 ARPANET。
- 1984 年，DARPA 把 ARPANET 分解成承载军事流量的网络 MILNET 和承载非军事流量的研究性网络 ARPANET。NFS 创建 OASC(Office of Advanced Scientific Computing)辅助开发和使用超级计算机。
- 1986 年，新的因特网工程任务组 IETF（Internet Engineering Task Force）成立。同时，欧洲网络组织协会—RARE 也支持开放系统计算的原理和开发。

- 1987 年，OASC 创建 NSTnet，这是一个连接到美国超级计算中心的三层网络。
- 1989—1990 年，位于瑞士的欧洲核子研究中心（CERN）创造了超文本系统，并开发出了第一个 World Wide Web 服务器和客户机，使因特网的应用进入了一个新的时代。
- 1990 年，美国 DoD 宣布 ARPANET 寿终正寝。
- 1991 年，商业社团成立商业互连网交换协会（CIX）。同时，NFS 为进行高速网络研究，开始建设国家研究和教育网（NREN）。
- 1992 年，NREN 发布 WWW。
- 1994 年，开始在 Web 上进行商业交易，Pizza 店网络开始预定比萨饼，第一个网络（虚拟）银行开通。
- 1994 年，中国教育和科研计算机网络首先建立中国的因特网。
- 1995 年，新的网络结构取代了 NFSnet 主干。
- 1996 年，TCP/IP 协议集演进到能适应新技术的发展。世界范围内大量用户接入并使用因特网。
- 2002 年初，ChinaNet 和 CERNET 主干升级到 2.5Gbps。

1.3 网络的基本问题

设计和构建一个计算机网络，会存在哪些重大的需求和限制？我们又应该如何解决？这是计算机网络的基本问题。了解这些基本问题有助于我们从系统的角度，而不仅仅是从概念的角度来认识和学习计算机网络的原理和方法。

首先是我们应该建造一个什么样的网络，或者说网络的需求是什么？我们可从三个不同实体及其需求的角度来提出对网络的需求。一是从网络应用者或应用程序员所需的服务来考虑，要求网络能及时、无差错地传输每个信息。二是从网络设计者期望设计一个高效网络的目标来考虑，要求网络能有效地使用资源并公平地分配给不同要求的用户。三是从网络运营商希望网络易于运行和管理的角度来考虑，要求网络容易进行故障隔离和各种监管。正是这些不同的需求，最终综合影响和决定了网路的体系结构设计和实现技术。搞清楚这些需求以及它们到底怎样影响网络的设计与实现，对从全局和系统的高度来学习和掌握计算机网络的基本原理和技术是非常有帮助的。

第二是怎样实现网络的连通性和可扩展性。即通过怎样的技术，使分布在不同地理位置的不同计算机或设备能有效地连接起来实现信息互通，并能使不断增加的计算机有效而方便地接入进来。显然，连接这些计算机首先必须要有物理链路（或通信介质）和连接设备以构成物理网路，如以太网和因特网。另外我们还必须设计各种网络协议，使这些设备和链路真正能按设计要求协调地动作起来，802.3 和 TCP/IP 协议正是分别解决以太网和因特网中上述问题的协议和关键协议集。

OSI 网络的 7 层参考模型、因特网的 TCP/IP 分层模型及其各层提供的服务集就是网络支持的典型共用服务集。

最后是怎样描述并提高网络的性能。系统的功能是系统提供给环境的用途，系统的性能

则是消耗单位资源所获的功能。描述网络的性能指标一般用带宽、延迟和丢包率。有时也用延迟和带宽的乘积来衡量网络。

1.4 网络的基本概念

计算机网络是用物理链路和协议把各种计算机或含有计算机能力的设备连接起来，并使它们之间能够相互交换数据的一种数字化信息基础设施。网络可为企业、政府、教育和科学研究团体等提供信息共享服务，并将把成千上万的家庭计算机和家用电器连接起来。存在各种不同类型的计算机网路，包括局域网（LANs）、广域网(WANs)、城域网(MANs)、因特网（Internet）、内联网、外联网或虚拟专网(VPN)等。

- 局域网（LAN）。局域网常常覆盖有限的地理范围,如一栋大楼或一个学校园区。LAN 是由一些独立计算机组成的数据通信网络，这些计算机在共享介质上相互通信。LAN 允许用户通过 PC、监视器、工作站、终端和其它设备进行相互之间的通信。用桥或路由器可把相同和不相同的网络连接起来形成扩展的 LAN。可从如下几个方面来区别各种不同的 LAN。
- LAN 的拓扑结构。它是 LAN 上计算机和其它计算设备的地理分布。LAN 的设计比较简单，但 LAN 可能把几百个计算机连接起来并被几千用户使用。
- LAN 所使用的协议。协议是网络各层之间传输数据的规范。协议还决定网络用户是否为对等或客户/服务器结构。协议也是发送数据的编码规范和规则。协议还定义怎样处理丢包或受损的传输包。LAN 在世界范围的商业和教育领域的广泛使用刺激了网各种络协议和媒质标准的开发和提炼..
- LAN 所使用的媒质。如基于分布式光纤数据接口（FDDI）网络用光纤来连接设备，基于以太的网络可能用双绞线和同轴电缆来连接设备。而有些网络可能通过红外（无线）、卫星或微波。
- 广域网（WANs）：WANs 是覆盖巨大地理范围的数据通信网络。通过租用电话专线、拨号电话线、卫星链路和数据包载体等服务把多个 LANs 连接起来而构成 WANs，典型的 WAN 包括很多路由器。WANs 能完成地区、国家和洲际范围设备之间的通信。构建 WAN 是一个很复杂的工程，它一般需要用不同协议来连接不同的网络。可以把 LANs 连接到 WANs 而形成一个企业网络。
- 城域网（MANs）：MANs 是其覆盖地理范围比 WANs 小而比 LANs 大的数据通信网络。通过有限方式连接多个 LANs 可构成 MANs。MANs 通常用于城域范围的金融、卫生、教育和政府部门的网络互联。通常可用 POS、DPT、FDDI、ATM 及千兆以太等主干技术来构成 MAN。
- 因特网（Internet）:因特网是运行一组相同协议的许多 LANs、MANs 和 WANs 通过高速链路（光缆、电缆、无线及电话线等）连接组成的全球范围的互连网络。因特网是自管理并跨越社团和国家边界的非集中控制型数字信息通信平台，运行在因特网上的每个主机都是独立的。因特网是世界上最大的 WAN。

- 内联网(Intranets)：实现了 Web 技术的公司、团体网络就构成所谓内联网。它基于某特定组织的 LAN，并为该组织成员、雇员或其他被授权者访问提供类似因特网服务的内部网络。可用防火墙在其边界上实施保护，以防止对内联网上的信息和特别资源进行非授权访问。除此之外，内联网 Web 站点同其它 Web 站点作用是一样的。
- 外联网(Extranets)：外联网是为满足企业或组织的特定需要，利用因特网的某些信道把若干地理分布的内联网互连起来的一个组合型网络。它界于对所有用户都开放的因特网和只对组织内用户开放的内联网之间。外联可把厂商和远离他们的客户连接起来，这些客户常常是公司商业环节中的一部分。外联网使内部 LAN 和因特网之间的界限变得有点模糊。外联网既可看作公司内联网的一部分从而可被其它公司访问，也可作为连接到其它公司的因特网的一部分。外联网对企业、组织的信息化建设特别重要。例如，一个分布于全球或全国的公司或组织，其研发的协同、培训的共享、工程的管理、销售的监控乃至客户服务等都特别需要外联网的支持。
- 虚拟专网 VPN（Virtual Private Network）:如果外联网的公用因特网信道是安全的并能实施访问控制，则称为虚拟专用网。VPN 上的授权用户似乎拥有一个专用（安全）的网络。每个访问源需要不同级别的安全。网络的使用取决于谁在访问网络，正在从什么地方访问以及使用什么样的安全特权。
- 链路（Link）、结点（Node）、点到点链路（point to point）和多路访问（Multiple access）链路：连接两台或多台计算机或设备的光纤、电缆、双绞线和无线电波等物理介质称为链路。网络中所连接的计算机和其它设备（如路由器和交换机等）称为网络的结点。一对结点间的链路称为点到点的链路。而多个结点共享的一条物理俩链路称为多路访问链路。直连链路如图 1-1 所示。

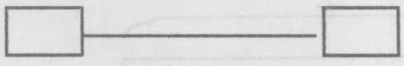

图1-1　点到点直连链路

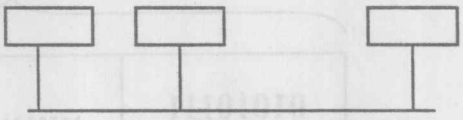

图1-2　多路访问直连链路

- 电路交换（Circuit switching）：电路交换是指把某位置上作为输入的比特被动态分配或置换到另一位置上作为输出的过程。传统的电话网络采用的就是电路交换方式。电路交换又存在空分、时分和波分等多种形式。空分交换是置换比特流所经过的端口，时分交换是置换比特所在的时隙，而波分交换则是置换承载比特的光波长。电路交换必须经历建立连接、通信和释放连接的过程，而这种通信方式又称为面向连接（Connection oriented）的通信。在电路交换的通信过程中，两端用户始终占有该连接期间内端到端的固定传输带宽，资源利用率有很大的提升空间。
- 包交换(Packet switching)、存储转发(Store and forward)、包（Packet）和报文（Message）：一般把待发送的整块数据称为一个报文。在计算机网络的数据通信中，要先将较长的报文切分成一个一个更小的等长数据段，并在每个数据段前面加上作为说明、寻址或控制用的头部（Header），就构成了一个数据包，简称包，或分组。包的头部实际上是该包的标签，于是包就成为一个可独立在网上传输的实体。包在流经算机网络中的交换结点时，

结点首先通过某些链路完整地接收这个包，并缓存该包，然后根据其标签将其转发给下一结点。这就是所谓“存储转发”的策略。用这一策略实施交换就是包交换。由于包的独立性，即使两个前后相继的包也可经过不同路径而到达同一目的地，故包交换可以不先建立连接就可随机发送。这称为无连接（Connectionless）的通信。

- 多路复用（Multiplexing）：是指多个主机或用户共享同一网络资源或系统资源（如物理信道、CPU 时间等）的一种方式。如图 1-4 所示，网络左边的 3 台主机（L1、L2 和 L3）分别正在向右边的 3 台主机（J1、J2 和 J3）发送数据，假设 L1 与 J1 通信、L2 与 J2 通信，L3 与 J3 通信，它们共享只有一条物理链路的交换网络。这三个数据流都通过交换机 1 多路复用到一条物理链路上，然后在经交换机 2 多路分发（Demultiplexing）分别独立的数据流。存在几种这样的复用方式，常用的一种是同步时分多路复用 STDM（Synchronous Time Division Multiplexing），基本思想是等分时间，每个流轮转把数据发送到物理链路上。另一种是频分多路复用 FDM（Frequency Division Multiplexing），基本思想是让每个流以不同的频率把数据发送到物理链路。目前使用较多的是统计多路复用（Statistical Multiplexing），基本思想是，与 STDM 一样通过划分时间片来共享同一物理链路，然不同的是，到底复用哪个流的数据是根据需要而定，而不是预先规定的时间片，于是提高了效率。每个流在给定时间片内发送的数据块就是包，图 1-5 表示交换机把由 3 个独享链路进入的包流多路复用到一条共享物理链路的情况。有图可见，当交换机接收包的速率快于共享链路所能容纳的速率时，交换机不得不在其内存中缓存那些暂时转发不出去的包，而当交换机的缓存用尽且还不能转发那些缓存待发的包时，势必要开始丢失正在进入交换机的包。交换机的这种状态就称为拥塞（Congest）。

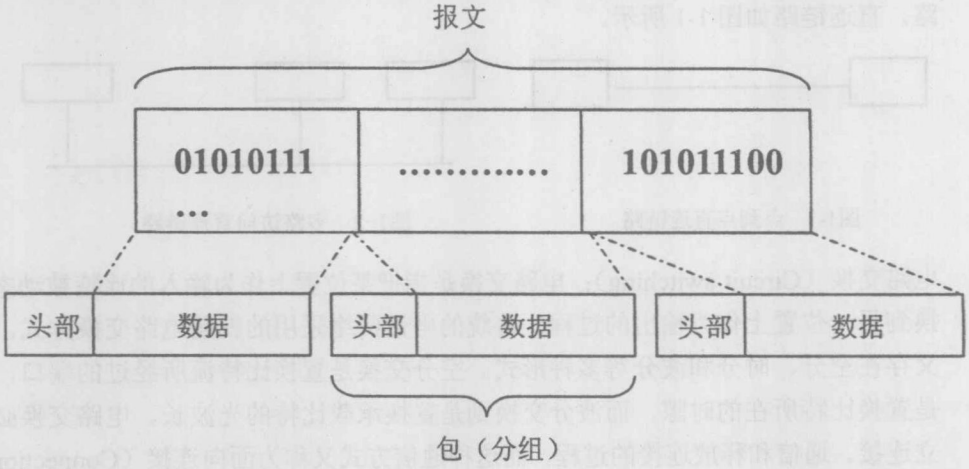

图 1-3　报文与包

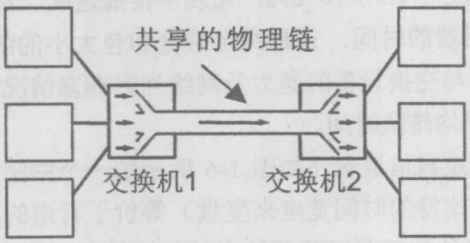

图 1-4　一条链路上复用多个逻辑流

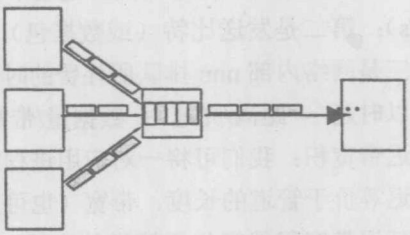

图 1-5　交换机把多个包复用到共享链路

- 协议（Protocol）：一般定义为两个和两个以上的参与方为完成特定任务而采取的一系列确定的步骤。网络协议是定义计算机怎样一起工作的一组标准或规则。例如：计算机怎样鉴别网络上另一台计算机?怎样发送和接收数据?怎样控制各层间和链接的其它设备间的数据传输?怎样管理网络结构模型中特别层内部的活动? 信息一旦到达最后目的站，怎样对它进行处理? 怎样处理传输中包的丢失、受损传输或受损包？是否采用对等模式还是客户/服务器模式结构等。为了能让人理解，协议又可作为文档存在，为了能让计算机理解，协议又可作为程序代码存在。
- 主机（Host）、客户机（Client）和服务器（Server）：20 世纪 80 年代以前，CPU 计算资源非常昂贵，大多数程序一般是通过没有 CPU 处理能力的所谓分时终端（也称哑终端）连接到计算中心，在大型计算机上执行来实现的。相对于这种终端而言，现在接入计算机网络的计算机，都是自主独立的计算机系统，故称为主机。客户机和服务器主要是从各自提供的功能和所处的角色来称呼的，并不一定意味着服务器比客户机的硬件要大。请求服务的计算机称为客户机或客户，给客户机提供服务的计算机称为服务器。一个客户机可向多个服务器提出请求并获得服务，一个服务器则可响应多个客户机的请求并向它们提供所需的服务。
- 带宽（Bandwidth）和吞吐量（Throughput）：带宽是对频带宽度的度量，单位是 Hz。如音频电话线路能支持 300Hz 到 3300Hz 范围内的频率信号的传输，那么该电话线容纳信号的带宽就定义为 3300Hz—300Hz = 3000Hz。当我们讨论网络通信链路的带宽时，一般指链路上每秒钟所能传送的比特数。如以太网的带宽是 10 Mbps（bit per second）。所以网络带宽就是在一段特定时间内所能传送的比特数。一般而言，吞吐量是指所论对象（如系统、进程、物理链路、逻辑信道或设备等）单位时间内实际完成的任务。我们应区分链路的可用带宽和实际链路中每秒内所能传送的比特数，因为具体实现受到各种低效率因素的影响，一段带宽为 10Mbps 的链路连接的一对结点上的应用进程可能只会达到 2Mbps 的吞吐量。
- 时延（latency）：时延是指把一比特从网络一端传到另一端所耗费的时间，故也称为延迟（Delay）。单位是秒、毫秒等。如从武汉到北京 CERNET 主干光纤的单程延迟是 18ms，横贯美国网路的单程延迟是 24ms，一般卫星链路的延迟是 250ms 等等。我们常常更需要知道将一比特从网络一端传到另一端并返回所耗费的时间，又称为网络的往返时间 RTT(Round Trip Time)。一般认为时延由三部分组成，第一是比特在通信介质上的传播时

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

间，即光（电）的传播时间（电缆中传播速度 $=2.3\times10^8$ m/s，光缆中传播速度 $=2\times10^8$ m/s）；第二是发送比特（或数据包）平均耗费的时间，它是网络带宽和包大小的函数；第三是网络内部 nnn 排队所耗费的时间，它与交换设备的能力及网络当时拥塞情况有关。所以时延 = 距离/光速 + 数据量/带宽 + 平均排队时间。

- 延迟带宽积：我们可将一对应用进程之间的逻辑信道看作如图 1-6 所示的一个中空管道。延迟等价于管道的长度，带宽（也可用每个比特的时间宽度来度量）等价于管道的直径，而延迟带宽积就等价于管道的容积。容积表达的就是链路所能容纳的比特数。如延迟为 50ms，带宽为 45Mbps 的信道，其延迟带宽积是 $50\times10^{-3}s\times45\times10^6b/s=2.25\times10^6b=280$ KB。和早期 PC 机的内存容量相当。延迟带宽积对分析和提高网络性能是很重要的。它提示我们，一方面，发送者在收到接收者的应答之前，已经发出了 2 倍延迟带宽积的“在飞”数据。另一方面，如果发送者未发送延迟带宽积那么多数据出去就停等接收者的应答，就说明网络未能充分的利用。

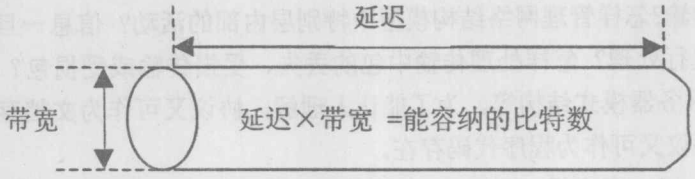

图 1-6　延迟带宽积等价于一管道

- 计量单位说明。在本书中，我们常用小写字母 b 表示比特（Bit），用大写字母 B（1B = 8b）表示字节（Byte ）。用 $1K=2^{10}$ ， $1M=2^{20}$ ，$1G=2^{30}$ 等来精确表示网络中数据的容量。而对网络带宽，通常用 Kbps 、Mbps 和 Gbps 等来定义。它可由时钟的速率来决定，而比特的传输与时钟同步。时钟通常用 10 进制大小来表示，故用 2^{10} 近似等于 10^3 来换算和说明网络的带宽。即 $1K\approx10^3$ ， $1M\approx10^6$ ，$1G\approx10^9$ 等等。如在 100Mbps 信道上发送 32KB 数据，则可解释为以 $100\times10^6b/s$ 的速率发送 $32\times2^{10}\times8b$。另外，网络和计算机采用同一时间单位制，即 1s（秒） $=10^3$ ms（毫秒），$1ms=10^3$ μs（微妙），1 μs $=10^{-3}$ns（纳秒），$1ns=10^{-3}$ps（皮秒）等等。

1.5 网络的体系结构

基本网络：系统是由其体系结构和元素组成的。体系结构决定元素和元素之间在空间、时间、物质、能量和信息等资源的占有、控制、分配等各种关系。是决定统系功能和性能的主要因素。我们可以从几个不同的角度来看网络的体系结构。首先，可以把网络直观地看作是由计算机(H)、路由器 R（或网关）和其它各种网络相互连接的一个硬件拓扑。这种结构如图 1-7 所示。图中的网络云是具体网络的一般抽象表示，连接两个或多个网络的结点一般称作路由器（Router）或网关（Gateway），每个网络云又可看作是相对较小互联网的集合。这样，就可将多个网络云连接起来递归地构成更大的网络。不同的设备条件、地理环境和用户

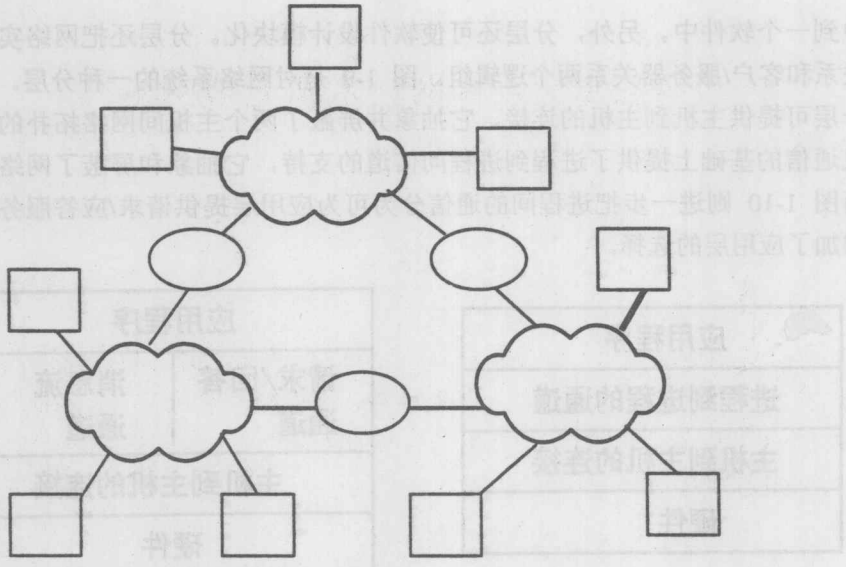

图 1-7　网络的一般拓扑结构

需求将产生不同的网络硬件拓扑。另外，我们一般称主机及其接入网络为资源子网，而把负责交换和路由的通信网络称为通信子网。为了简化网络的控制和管理，因特网主干一般采用树型拓扑结构。如图 1-8 所示。

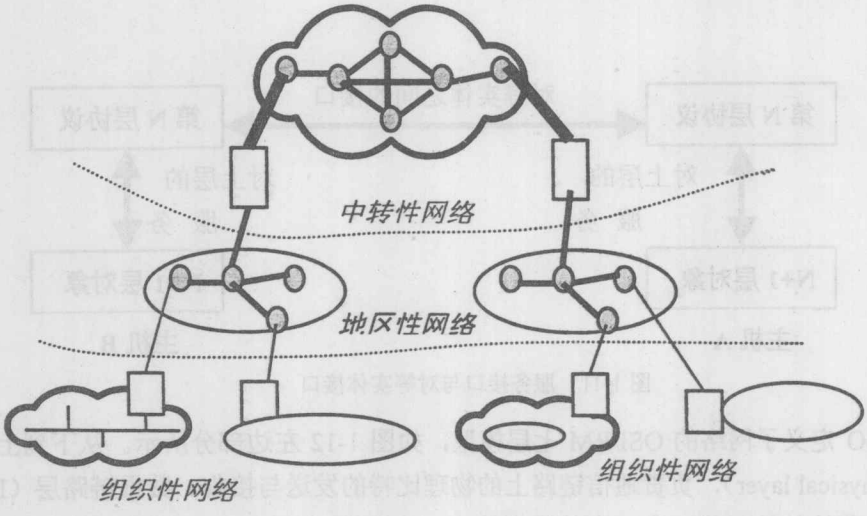

图1-8　因特网的拓结构

本书主要从控制网络运行的协议集及各层协议间相互操作的关系来讨论网络的体系结构。这种网络体系结构由各层组合而成的，每一层完成特定的功能和服务。协议分层是简化网络设计的通用技术，通过划分功能层次，就可分配每层执行不同的任务。每层由控制计算机怎样通信的一组协议构成。从而把一个网络问题分解成多个可处理的部分，避免把所有功

能都集中到一个软件中。另外，分层还可使软件设计模块化。分层还把网络实体间的通信分为对等关系和客户/服务器关系两个逻辑组。图 1-9 是对网络系统的一种分层。其中，硬件上面的第一层可提供主机到主机的连接，它抽象并屏蔽了两个主机间网络拓扑的复杂性。在主机到主机通信的基础上提供了进程到进程间信道的支持，它抽象和屏蔽了网络偶尔丢包的情况等。而图 1-10 则进一步把进程间的通信分为可为应用层提供请求/应答服务和消息流服务两类，增加了应用层的选择。

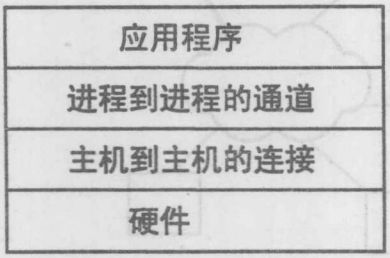

图 1-9　网络系统的基本分层

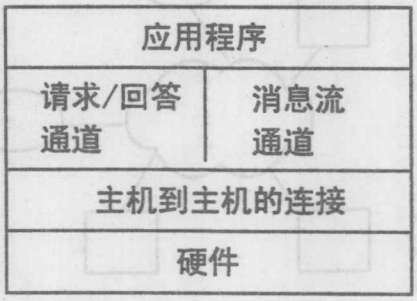

图 1-10　给应用以选择的分层

我们也可把协议看成是网络系统各层的抽象对象，它提供高层对象进行信息交换的通信服务。每个协议都可定义两种不同的接口。一个是同本计算机中纵向高一层对象的服务接口（Service interface），它定义本地对象可在协议上执行的操作。另一个是该协议同网络上另一台计算机上的对等协议实体间的对等实体`接口（Peer interface），它定义了对等实体间进行信息交换的格式和含义等。如图 1-11 所示。

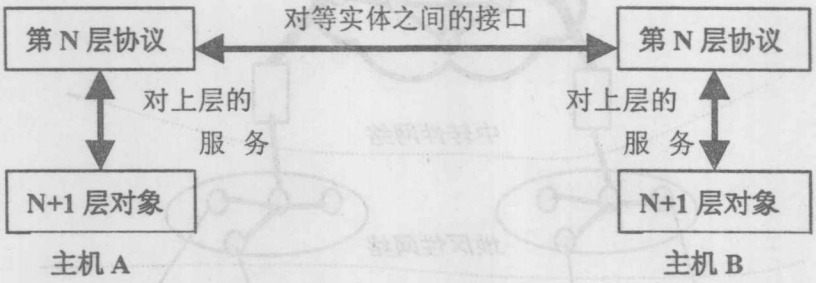

图 1-11　服务接口与对等实体接口

ISO 定义了网络的 OSI/RM 七层模型，如图 1-12 左边部分所示。从下到上，分别是物理层（Physical layer），负责通信链路上的物理比特的发送与接收。数据链路层（Data link layer）负责收集比特流形成一个更大的数据单元，称为帧（Frame）。一般情况下，由网卡及其驱动程序一起实现链路层的功能。网络层（Network layer）负责包交换网中结点的路由，这一层的数据单元称为包或分组。在通信子网中的各结点（交换机和路由器）上只实现上述三层。传输层（Transport layer）实现进程到进程的通信，这一层的数据单元称为报文。会话层（Session layer）提供名字空间把应用各部分不同的传输流联系在一起，如视频会议中，把音频流和视频流合在一个会话中进行管理。表示层（Presentation layer）支持对等实体间数据格式说明和

转换，如压缩功能的层次，如 WWW、FTP、Telnet、Email、BBS 及 News 等。

因特网的以 TCP/IP 协议为主导的体系结构由 ARPRNET 发展而来，其在因特网中的层次关系如图 1-12 右边和图 1-13 所示。它比 OSI/RM 模型简单实用，并被几十年因特网的实践证明是正确有效的。其详细的讨论在以后个章中将会进行。OSI 和因特网 TCP/IP 结构模型的比较和对应关系见图 1-12。

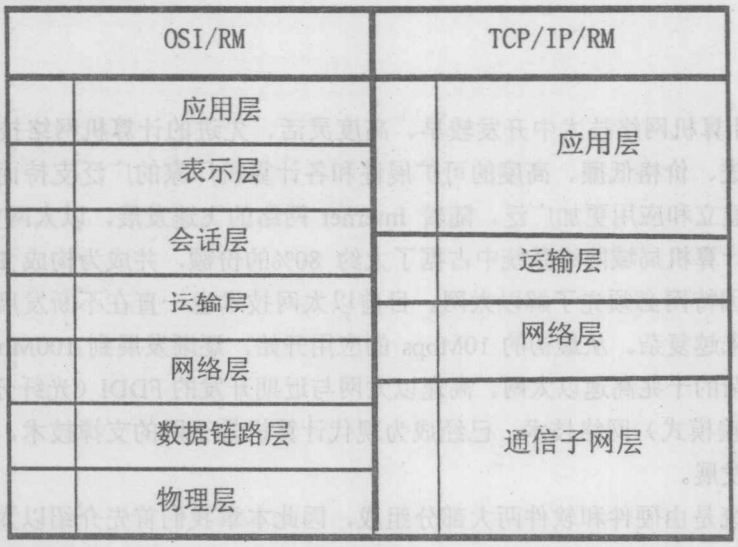

图1-12 OSI和 因特网TCP/IP结构模型的对应关系

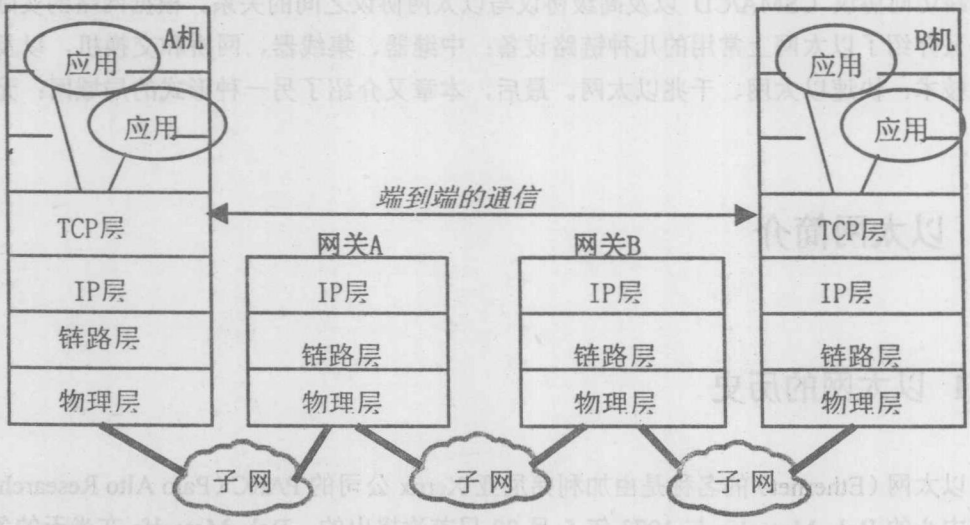

图1-13 因特网的体系结构

第2章　以太网技术和无线网络

前言

以太网是计算机网络技术中开发较早、高度灵活、先进的计算机网络技术。目前，以太网以其技术先进、价格低廉、高度的可扩展性和各计算机厂家的广泛支持而更加流行，使得以太网系统的建立和应用更加广泛。随着 Internet 网络的飞速发展，以太网凭借其上述优势，在实际应用的计算机局域网络系统中占据了大约 80%的份额，并成为构成 Internet 网络的主流，因此了解因特网必须先了解以太网。目前以太网技术也一直在不断发展，其规模越来越大，构成也越来越复杂。从最初的 10Mbps 的应用开始，逐渐发展到 100Mbps 快速以太网，以及现在的最新的千兆高速以太网。高速以太网与近期开发的 FDDI（光纤分布式数据接口）、ATM（异步传输模式）网络技术，已经成为现代计算机骨干网的支撑技术，推动着计算机网络技术的蓬勃发展。

以太网系统是由硬件和软件两大部分组成，因此本章我们首先介绍以太网的网络拓扑结构、主要的传输介质和信号部件，然后介绍以太网的帧格式。以太网能够得到如此广泛的普及是与它的简单高效的访问控制协议分不开的，因此我们就着重介绍以太网的具有冲突检测的多路访问协议 CSMA/CD 以及高级协议与以太网协议之间的关系。根据网络的实际应用，我们又介绍了以太网上常用的几种链路设备：中继器、集线器、网桥和交换机，以及新的以太网技术：快速以太网、千兆以太网。最后，本章又介绍了另一种形式的局域网：无线局域网。

2.1　以太网简介

2.1.1　以太网的历史

以太网（Ethernet）的名称是由加利弗尼亚 Xerox 公司的 PARC（Palo Alto Research Center）研究中心的 Bob Metcalfe 与 1973 年 5 月 22 日首次提出的。Bob Metcalfe 在当天的备忘录中描述了由他自己创造的网络系统。这个网络系统用于连接高级的计算机工作站，使各个高级的计算机工作站之间、高级的计算机工作站与高速激光打印机之间能够互相传递数据。

早在以太网出现以前的 60 年代末，美国 Hawaii 大学的 Abramson 和他的同事就为了在夏威夷的各个岛屿之间进行通信，开发出了一个无线电网络，称为 Aloho（夏威夷的“你好”

语）系统。Aloho 系统是在开发一种共享一个公共通信信道机制的过程中研制的早期的实验性网络，其通信协议操作很简单。Aloho 站点随时都可以发送信号，然后等待确认。如果在这一段时间没有收到确认，那么该站点就假定另一个站点也在同一个时刻进行信息发送，这样就导致了“冲突“，即复合的传送将被混淆，接收站点接收不到有效的信号，也就不能返回一个确认的信号。如果侦察到这一现象，这两个传输站点就可以选择一个随机的回退时间，然后重新发送信息包，这时传输成功的可能性就增大了。Abramson 计算出由于负载增加导致冲突的发生，使得 Aloha 系统最大的信道利用率是 18%。

Bob Metcalfe70 年代在 Xerox PARC 研究中心进行研究工作中，发现自己可以对 Aloho 系统进行改进，以实现对共享通信信道访问进行仲裁。Bob 开发的新系统包括了可监测冲突的机制（冲突监测）。还包括了“传送前先监听“，即站点在传送数据前先监听网络活动（载波侦听），如果当前网络没有信息在传输，那么该站点就发送数据，否则就推迟再发送，这样就比 Aloha 系统可以极大的提高数据传输成功的可能性。此外系统还继承 Aloha 的优点支持多个站点对一个共享信道的访问（多重访问）。将这些内容归纳在一起，我们就可以看出为什么以太网协议又被称为具有冲突监测的载波侦听多路访问协议 CSMA/CD（Carier Sence Multiple Acess With Collision Detect）了。实际上按照以太网的由来，并对比 Aloha 系统，应该叫做具有载波侦听的冲突监测多路访问协议。此外 Bob 还开发了一种更复杂的回退算法，它连同 CDMA/CD 协议一起可以使以太网工作到 100%的负荷。

1972 年，Metcalfe 和同事 David Boggs 开发了第一个实验性的以太网，以便于 Xerox 的 Alto 个人计算机互连起来。实验中以太网的数据传输速率达到 2.94Mbps。Metcalfe 的第一个实验性的网络称为“Alto Aloho 网络”，并在 1973 年改为“以太网”（Ether net）。以太网的“ether “一词描述了系统的基本特征：物理介质（电缆）将信息传送到所有的站点，就像以前人们认为的“传输光的 ether”将电磁波传输到宇宙中的各个点上一样。现在我们知道实际上并没有 ether 介质的存在，但是 Metcalfe 认为，对于能够将信号传送到网络中的所有计算机的新网络来说，以太（ETHER）是个不错的名字。因此，以太网就诞生了。

1976 年，Metcalfe 和 Boggs 在计算机协会 ACM 的通信杂志上发表了具有里程碑意义的研究论文：“以太网：局域计算机网络的分布式包交换（Ethernet：Distributed Packet Switching for Local Computer Networks）“。此后，以太网逐渐成为一个开放的标准化的系统。1980 年，DEC、Intel 和 Xerox 三家公司宣布了一个 10Mbps 以太网标准，这标志着基于以太网技术的开放式计算及通信时代的开始。该标准的名称由这三家公司的英文首字母组成，即 DIX 以太网标准。其后以太网成为 IEEE 发起的 802 局域网系列以太网标准的第一个标准化的局域网技术标准，即 IEEE802.3 CSMA/CD 标准。而该标准还被国际标准化组织 ISO 接收为国际标准。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com