

计算机网络基础

计算机网络的迅速普及和飞速发展给人类社会带来了深刻的变革，它颠覆了传统的学习、工作和生活方式，成为社会活动不可或缺的基础设施。通过计算机网络，人们获取信息、发布信息、相互交流，开展网上教学、网上医疗，实现电子理财、移动支付、网上购物。网络已无处不在，无时不用。

本章介绍计算机网络基础知识，包括网络组成及拓扑结构、网络体系结构与协议，相关通信技术和相应的操作系统。

1.1 计算机网络概述

当今时代是一个以网络为核心的信息时代，它的特征是数字化、网络化和信息化。计算机网络是计算机技术和通信技术发展相结合的产物，两种技术互相影响、互相促进，共同推动了计算机网络的发展。广义的网络包括电信、广播电视和计算机三种网络，狭义的网络则指其中发展最快并起核心作用的计算机网络。近年来，随着宽带通信网、数字电视网、下一代互联网的演化发展，三种网络技术逐渐趋于一致、业务范围趋于相同，三网互连互通、资源共享、相互融合，共同为用户提供语音、数据和广播电视等多种服务。本书以介绍核心的计算机网络技术为主，也兼顾其他网络，特别是广泛应用的移动通信网络。

1.1.1 计算机网络的组成及功能

计算机网络从逻辑功能上分为通信子网和资源子网，如图 1-1 所示。

通信子网由通信设备和通信线路组成，负责网络数据传输、转发等通信处理任务。通信设备连接资源子网，实现数据分组的接收、校验、存储、转发等功能，将源主机报文准确发送到目的主机，主要包括路由器、交换机等设备；通信线路主要采用光纤、微波与卫星通信等传输介质。在现代计算机网络中，通信子网通常由广域网、城域网组成。

资源子网负责数据处理并为用户提供网络服务和网络资源，实现硬件、软件和数据等网络资源的共享。资源子网由主机系统、网络外设、各种软件资源与信息资源组成。在现代计算机网络中，资源子网是由若干终端设备连接形成的局域网，连接到通信子网中形成互联网。

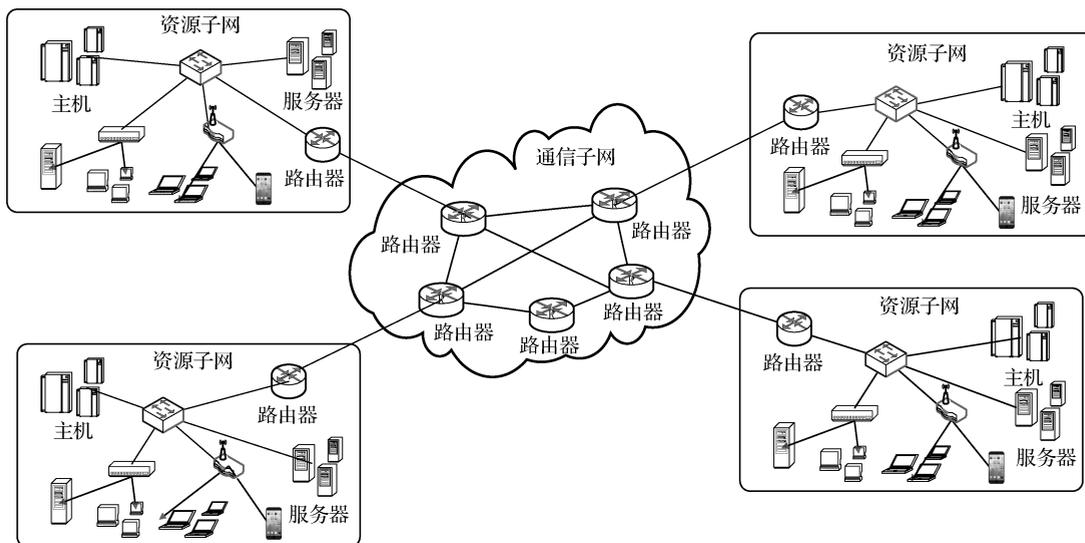


图 1-1 现代计算机网络组成

计算机网络的功能可概括为：数据通信、资源共享和协同工作。

1) 数据通信

数据通信是计算机网络的基本功能，实现计算机与计算机之间快速、可靠的信息传输。如收发电子邮件、文件服务、发布新闻消息等。

2) 资源共享

资源共享是计算机网络的主要功能，可以共享的网络资源包括硬件、软件和数据。硬件资源共享是指在网络范围内提供各种相关设备的共享，如存储设备、打印机、扫描仪等；软件资源共享则是指可以使用其他计算机上的软件；数据资源共享方便用户远程访问各类大型信息资源库。

3) 协同工作

协同工作是指网络中多台主机、终端设备相互协作共同完成一项或多项任务。火车票、飞机票全网发售就是协同工作的典型应用；密码破解、药物研究、寻找外星文明等大型计算项目，以前需要使用超级计算机，费用昂贵，现在可以将项目分解成若干个小的计算问题，分发给网络中空闲的计算机独立处理，再汇总得到最终结果。这种协同工作方式，不仅费用低廉而且计算潜能无限。

1.1.2 计算机网络分类

计算机网络可以从不同的角度进行分类。通常不同规模的网络采用不同的技术构建，最常见的方法是按网络组建和管理的地理范围来分类。按照网络的地理范围从小到大，可将网络分为局域网、城域网和广域网。各种网络根据需要相互连接，形成规模更大的互联网，如 Internet。

1. 局域网

局域网 (Local Area Network, LAN) 是指地理范围在几米到十几千米内的计算机网络, 常见于家庭、办公室、大楼、企业或机构内。局域网是最常见、应用最广的一种网络, 通常由某机构自行组建和维护。个人区域网 (Personal Area Network, PAN) 是随着短距离无线通信技术发展提出的概念, 指利用无线通信技术将属于个人的电子设备 (笔记本电脑、平板电脑、手机等) 连接起来形成局域网, 实现个人信息终端的智能化互连。

2. 城域网

城域网 (Metropolitan Area Network, MAN) 是在一个城市范围内建立的计算机通信网, 它以 IP 为基础, 通过融合计算机网络、电信网络和广播电视网络, 形成覆盖城市区域的网络通信平台, 提供数据、语音、图像和视频等各类数据传输, 为大规模的用户接入提供优质服务。

3. 广域网

广域网 (Wide Area Network, WAN) 也称远程网, 所覆盖的范围从几十千米到几千千米, 它将多个城市、国家或横跨几个洲的局域网和城域网互连, 提供远距离通信。广域网的通信设备和通信线路一般由通信运营商负责组建、运营与维护。

今天, 各种计算机终端设备通过局域网或其他技术接入城域网, 再由城域网接入广域网, 大量广域网互连形成遍布全球的大型互联网。

Internet (因特网) 是全球最大的互联网, 于 1969 年诞生于美国, 最初名为“阿帕网”(ARPANET), 是美国国防部的研究系统, 后成为连接美国多所大学及高等院校计算机的学术网络, 现已发展成为一个全球覆盖五大洲 150 多个国家的开放性计算机网络系统, 拥有许多服务商。但因特网并不是全球唯一的互联网, 世界各地都建有独立的大型网络, 例如, 我国有中国教育科研网 (CERNET), 欧洲跨国的互联网有“欧盟网”(EuroNet)、“欧洲学术与研究网”(EARN) 和“欧洲信息网”(EIN) 等, 美国还有“国际学术网”(BITNET)。

1.1.3 计算机网络拓扑结构

按照拓扑学的观点, 将计算机网络中的终端和通信设备抽象成点, 通信线路抽象成线, 形成的图形称为网络拓扑结构, 它描述了网络中设备的连接方式。局域网的拓扑结构通常有总线结构、环状结构、星状结构和树状结构。广域网由各种形状的局域网互连而成, 大多采用网状结构。

1. 总线结构

总线结构将所有计算机都接入同一条通信线路 (即传输总线), 如图 1-2 所示。在计算机之间按广播方式进行通信, 每台计算机都能收到在总线上传播的信息, 但每次只允许一台计算机发送信息。

总线结构的优点是成本较低、布线简单、计算机增删容易，在早期的以太网组建中得到广泛应用。其缺点是总线是共享的，容易引起冲突，造成传输失败；如果计算机数量过多，会降低网络的速度。

2. 星状结构

星状结构需要一台中心设备，各台计算机通过单独的通信线路直接连接中心设备，如图 1-3 所示。计算机之间不能直接进行通信，必须由中心设备进行转发。

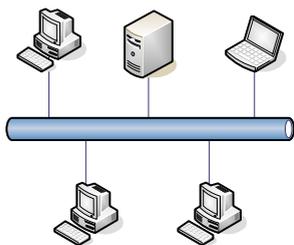


图 1-2 总线结构

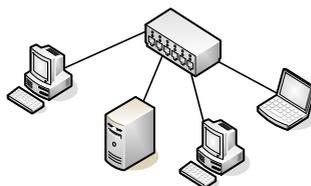


图 1-3 星状结构

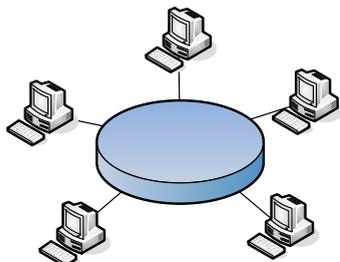
星状结构的主要优点是结构简单、组网容易、控制方便，计算机故障影响范围小且容易检测和排除。其主要缺点是通信线路数量多、利用率低；中心设备是全网可靠性的瓶颈，如果中心设备出现故障，整个网络的通信都会瘫痪。

3. 环状结构

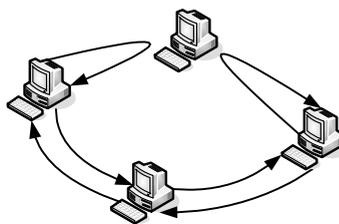
环状结构中每台计算机都与相邻的计算机直接相连，网络中所有计算机构成一个闭合的环，环中数据传输方向是单向的，如图 1-4 (a) 所示。

环状结构的主要优点是结构简单、实时性强；主要缺点是可靠性较差，环上任何一个节点发生故障都会影响到整个网络，而且难以进行故障诊断。当增加或删除节点时，操作步骤复杂且会干扰整个网络的正常运行。早期的令牌环网采用环状结构。

采用双环结构（即构建两个环路，但数据传输方向不同）可以提高可靠性。正常情况下只使用一个环路传输数据，当网络中某个节点或某段线路出现故障时，可以切换到另一个环路，重新形成一个环，不影响数据的传输，如图 1-4 (b) 所示。光纤分布式数据接口技术（Fiber Distributed Data Interface, FDDI）就采用双环结构。早期的城域网建设多基于 FDDI 技术构建。



(a) 环状结构



(b) 双环结构重新形成环路

图 1-4 环状结构和双环结构

4. 树状结构

树状结构是星状结构的一种变形，它采用分级结构将计算机按层次连接，如图 1-5 所示。树枝节点通常采用集线器（Hub）或交换机，叶子节点就是计算机。叶子节点之间的通信需要通过不同层的树枝节点转发实现。

树状结构继承了星状结构的优点，具有更好的可扩展性。当计算机数量较多或分布较分散时，采用树状结构比总线结构更方便管理，接入新的局域网也更方便，是目前最常见的局域网组网方式。

5. 网状结构

网状结构如图 1-6 所示，每台计算机或网络设备至少要有两条通信线路与其他设备相连，网络中无中心设备，因此也称之为无规则结构。

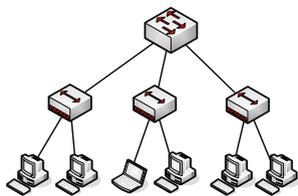


图 1-5 树状结构

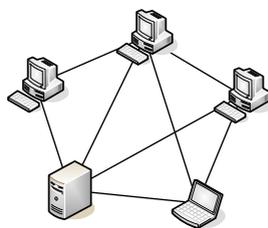


图 1-6 网状结构

网状结构的优点是可靠性高，设备之间存在多条连接路径，局部的故障不会影响整个网络的正常工作。其缺点是结构复杂、协议复杂、实现困难、不易扩充。广域网中一般将路由器、交换机等设备连接成网状结构，局域网的核心交换层也常将多台交换机连接成网状结构，为核心网络提供备份通信线路。

1.2 数据通信基础

数据通信技术是构成计算机网络的重要基础。计算机网络的发展依赖于数据通信技术的发展，两者互相影响，互相促进。

1.2.1 数据通信基本概念

数据通信系统是通过传输介质传输数据的电子系统。发出数据的设备称为信源，接收的设备称为信宿，传输介质是承载信息的媒体，如电话线、双绞线、光纤、无线电波等。

1. 信号

通信过程数据以信号（Signal）的形式进行传输，信号可以分为模拟信号和数字信号两种。

模拟信号 (Analog Signal) 是连续信号, 其参数在给定范围内随着时间连续变化, 可以用电流或电压的大小模拟, 如声音信号用电流的频率反映声音的频率, 电流的强弱反映声音的分贝值。

数字信号 (Digital Signal) 是离散信号, 一般指的是二进制数字信号。可以用两个不同的参量代表 0 和 1, 如正电压代表 1、负电压代表 0, 或者以电流的导通代表 1、断开代表 0 等。常见的文本、声音、图像、视频等信息都能通过数字化处理后转化为数字信号。

模拟信号和数字信号可以相互转换。模拟信号经过模数 (Analog/Digital, A/D) 转换变成数字信号, 同样数字信号可以经过数模 (Digital/Analog, D/A) 转换变成模拟信号。

2. 信道

信道 (Channel) 是指以传输介质为基础的逻辑信号通路, 一个物理的传输介质可以包括一个或多个逻辑信道。例如, 闭路电视线是一个物理传输介质, 它可以传输多个节目频道, 每个节目频道都通过一个逻辑信道传输。

3. 带宽

信道所提供的频率宽度就是带宽 (Bandwidth), 也就是可传输信号的最高频率和最低频率之差。如电话线的频带为 300~3400Hz, 带宽是 3100Hz。通常用带宽来描述传输介质的传输容量, 带宽越大, 容量越大, 通信能力越强。带宽是传输介质的固有属性, 一般不会发生变化。

4. 数据传输速率

数据传输速率简称传输速率, 是指每秒传输的二进制位数, 单位是比特率 (bit per second, bit/s 或 bps)。另一个单位是传输的字节数 (Byte per second, B/s 或 Bps)。

数据传输速率是描述通信系统重要的指标之一, 它不仅与传输介质的带宽有关, 还与传输技术有关。如电话线的带宽是 3100Hz, 采用传统的传输技术, 能达到的数据传输速率是 56kbps, 采用了新的调制技术后, 能达到的数据传输速率是 2Mbps。电话线的带宽没有发生变化, 新的传输技术提高了数据传输速率。

1.2.2 数据传输模式

数据传输模式可以按照信号类型、同时传输的数据位、数据传输方向和数据传输定时等方面分类说明。

1. 信号类型

按照数据通信的信号类型可以分为基带传输和频带传输。

基带信号 (Baseband Signal) 是信源发出的、没有经过调制的原始电信号。把这种未经过调制的原始数字信号, 直接在信道上进行传输就是**基带传输** (Baseband Transmission)。基带传输是一种最简单的传输方式, 它不需要调制解调器, 设备费用少, 适用于短距离数

据传输。局域网常用的传输介质双绞线就是采用的这种方式，局域网术语“10Base-T”中的“Base”就是指基带传输。

频带信号（Frequencyband Signal）是用载波对基带信号进行调制后的信号。将基带信号调整成模拟信号后再进行传输就是频带传输，接收方需要对信号进行解调还原为数字信号。由于基带信号的频谱可以调制到不同的频段，因此可以将多个频带信号合并传输而不会相互干扰。频带传输可以解决码间干扰和衰减的问题，使信号传输更加可靠，网络的远距离通信通常采用的是频带传输。

2. 传输数据位

按照数据通信同时传输的数据位可分为串行传输和并行传输。

串行传输（Serial Transmission）：每个时钟节拍只传输一位数据，虽然单次传输的数据少，但其电路简单，传输频率可高可低，无论高速或低速通信均能胜任，因此适用于长距离通信，具有广泛的适应性，是现在主流的传输方式。各种终端外部设备连接接口均采用串行方式，如网络接口、Type-C、USB 和 SATA 等。

并行传输（Parallel Transmission）：每个时钟节拍能传输多位数据，每位数据使用单独的线路传输，因此线路较多，适用于短距离的数据传输。通常只在计算机内部需要高速传输数据时采用，如计算机主板上的地址总线、数据总线、控制总线。

3. 数据传输方向

数据传输中数据传输的方向可以是单向的也可以是双向的，类似于城市道路，有的是单行线，有的是双行线。根据方向，数据传输可分单工、半双工和全双工三种方式。

单工通信方式（Simplex Communication）：数据传输是单向的，只能一方发送另一方接收，反之则不可以，如图 1-7（a）所示。传统的电视节目，就是从电视台通过有线电视网络单向传输到用户电视机中的。

半双工通信方式（Half Duplex Communication）：数据传输可以双向进行，但只能交替进行，一个时刻只能有一个方向传输数据，如图 1-7（b）所示。例如，对讲机就是采用半双工通信方式工作。

全双工通信方式（Full Duplex Communication）：数据传输可以双向同时进行。全双工通信需要两个信道，一个用来发送，一个用来接收，如图 1-7（c）所示。例如，现在的高清电视节目中的互动点播就是基于全双工通信方式实现数据传输的。

4. 同步方式

数据传输中为了确保数据的准确性和完整性，发送方和接收方需要保持一致的节奏。根据发送方和接收方时钟的差别，有异步和同步两种传输方式。

异步传输（Asynchronous Transmission, AT）：发送方和接收方的时钟可以不完全一致。发送方每次发送的数据通常以一个字符为单位，以一个起始位开头，通知接收方数据开始到达，在数据的最后以一个停止位表示该次传输终止，如图 1-8 所示。以字符为单位进行异步传输，将产生 20%的额外网络开销，此方式常用于低速传输。

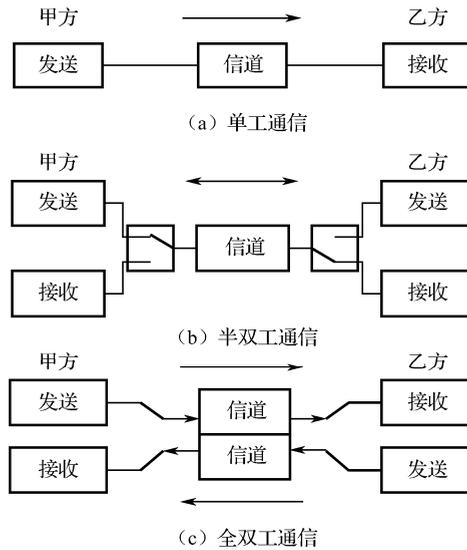


图 1-7 数据传输方式

例如，键盘与主机的通信采用异步方式。按照 ASCII 编码是“11010011”，但需要在前面加一个起始位“0”，后面加一个停止位“1”，因此，最后发送“0110100111”。

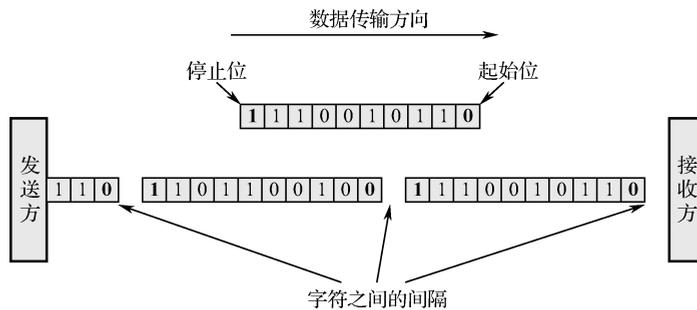


图 1-8 异步传输示意图

同步传输 (Synchronous Transmission, ST): 发送方和接收方的时钟差别较小，每次发送一批数据（如 512 字节），常用于高速传输。同步传输把一次要传输的数据封装为数据帧。数据帧的开始和结束部分为特殊字符，表示传输的开始和结束，如图 1-9 所示。

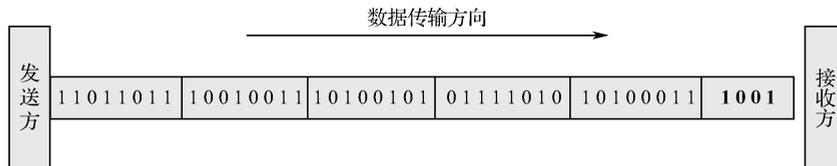


图 1-9 同步传输示意图

例如，在局域网中，两台主机网卡之间的通信采用同步方式。网卡将主机要发送的数据分割为多帧，每一帧前 8 字节是固定格式的同步字符，后面是数据，数据的长度可以从几十到几千字节。如果数据长度固定，或者已在帧中固定位置标识，则可省略结束字符。

串行传输中异步和同步通信方式都会被采用，并行传输中常采用同步通信方式。

1.2.3 数据交换技术

通信双方进行数据通信，最简单的方式是直接连接。在大型网络中，存在大量终端设备，很难将所有设备两两相连，需要通过若干中间节点间接连接。中间节点实现交换功能，将数据从一个节点转发到另一个节点，直至到达目的地，这就是数据交换。

常用的数据交换技术有 3 种：电路交换、报文交换和分组交换。

1. 电路交换 (Circuit Switching)

电路交换也称为线路交换，是指数据传输时，在源节点和目的节点之间建立一条由中间节点构成的专用物理链路，数据传输结束时，释放链路。

电路交换的数据传输过程分为链路建立、数据传输和链路释放 3 个阶段。数据传输时，用户始终独占链路。程控电话就是电路交换的典型例子。用户拨号建立链路；接通后，通话的双方独占链路；通话结束后，链路被释放。

电路交换的优点是传输延迟小，一旦链路建立便不会发生冲突。但由于源节点和目的节点之间的物理线路的带宽在建立链路时已分配，在用户释放链路前即使通信双方没有数据交换，链路带宽也不能为其他用户所使用，所以整个链路的利用率较低。

2. 报文交换 (Message Switching)

使用报文交换技术，发送方将数据加上接收方的目的地址和其他信息构成报文，发送给相邻的中间节点；中间节点收到报文后先存储下来，再根据报文中目的地址转发给下一节点。按照这样的方式报文被一站一站地转接，最后传递到接收方。

报文交换的优点是不需要为通信双方预先建立一条专用的通信线路；缺点是传输延时较大，不适合实时通信。由于报文大小不定，导致中间节点存储管理上的困难。特别是大的报文在传输时链路占用的时间较长，也容易出错，出错后整个报文都需要重传。

3. 分组交换 (Packet Switching)

分组交换也称包交换。与报文交换类似，分组交换也基于存储—转发机制，但其限制了分组的最大长度，便于管理。较长的数据在传输时会被分割成若干个分组（也称数据包），每个分组中都包含数据、目的地址和分组编号。交换过程也和报文交换类似，每个分组独立路由。接收方按照分组编号重新组装成原始数据。

分组交换的优点：对分组的长度进行了限制，便于中间节点存储管理；分组是较小的传输单位，只有出错的分组会被重传，降低了重传比例，提高了交换效率；分组交换的路径是动态的，各个分组独立路由，极大地提高了通信线路的利用率。

分组交换是现代计算机网络的技术基础，ARPANET 是最早的分组交换网，标志着现代网络的开始。

1.3 网络体系结构与协议

1.3.1 网络体系结构

计算机网络体系结构从整体上抽象地定义了计算机网络的构成，说明各网络部件的功能及部件之间的逻辑关系，规定了计算机网络中计算机及通信设备之间互相连接、协调工作的方法和必须遵循的规则，以便在统一原则下进行计算机网络的设计、构建、使用和扩展。

1. 网络协议

网络协议是指计算机网络中，通信双方为了实现通信而设计的规则、标准和约定，双方共同遵守。网络协议是计算机网络工作的基础，也是影响网络性能的重要因素。

网络协议由以下 3 个要素组成。

语法：通信时双方交换数据和控制信息的格式，如一个数据分组中哪一部分表示数据，哪一部分表示接收方的地址等。语法解决通信双方之间“如何讲”的问题。

语义：规定每部分控制信息和数据所代表的含义，是对控制信息和数据的具体解释。语义解决通信双方之间“讲什么”的问题。

时序：详细说明如何实现传输的每个步骤。例如，通信如何发起，在收到一个数据后下一步要做什么。时序确定通信双方之间“讲”的过程。

2. 计算机网络体系结构

网络通信是一个非常复杂的问题，因此网络协议也非常复杂。为了减少设计上的错误，提高协议实现的效率，计算机网络的设计采用分层结构，即将网络协议这个庞大而复杂的问题划分成若干个较小的、简单的问题，通过“分而治之”的方法最终实现主机之间的通信。

网络协议将相似的功能放在同一层上，每层的功能基于下一层的功能实现，并为上一层提供服务，相邻层之间通过接口进行信息交互；对等层间由若干个网络协议来实现本层的功能。通过此模式，网络协议被分解成若干相互关联的简单协议，协议的集合称为协议栈。计算机网络的层次结构和各层的所有协议统称为计算机网络体系结构。

网络协议分层的思想是现实中人们处理复杂问题的基本方法。以快递服务业为例，用户 A 在上海，用户 B 在北京，A 要寄物品给 B。快递服务通过 3 层机制实现：用户、快递公司、物流中心，如图 1-10 所示。用户负责物品的内容，快递公司负责物品的收发处理，物流中心负责物品的运输。

目前网络体系结构主要有两种：一种是国际标准化组织 ISO 提出的 OSI 参考模型(Open Systems Interconnection Reference Model, 开放系统互连参考模型)；另一种是互联网中采用的 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, 传输控制协议/网络互连协议)。

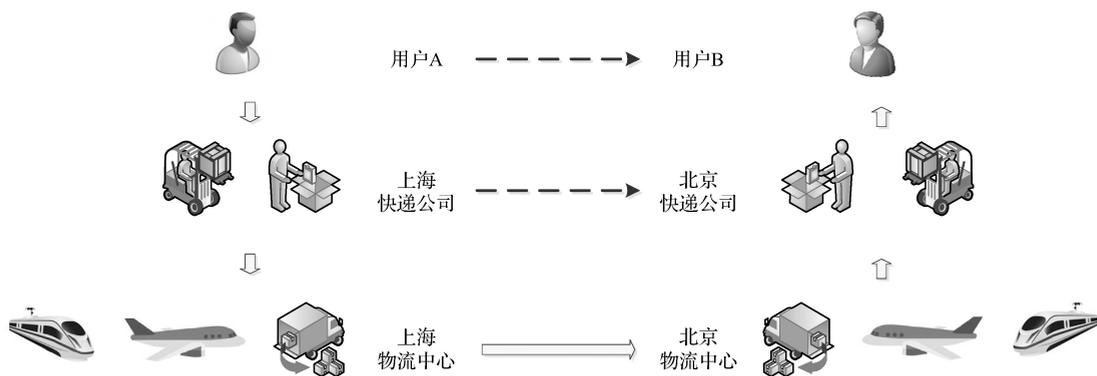


图 1-10 快递服务分层机制

1.3.2 ISO-OSI 参考模型

OSI 参考模型是由国际标准化组织 ISO 于 20 世纪 70 年代末制定的计算机互连的国际标准，开放是指任何计算机只要遵循这个标准就可以实现互连。OSI 参考模型自下向上的 7 层功能说明如下。

物理层 (Physical Layer): 定义了物理传输介质所提供的物理连接，其传输的数据称为比特流。

数据链路层 (Data Link Layer): 在不可靠的物理介质上提供可靠的传输，其传输数据称为帧 (Frame)。该层的作用包括将数据封装为帧、物理地址寻址、流量控制、数据的校验、重发等。

网络层 (Network Layer): 为数据分组 (包) 提供网络路由，数据传输单位是数据分组。网络层还可以实现拥塞控制、网络互连等功能。

传输层 (Transport Layer): 负责将上层数据分段并提供端到端的、可靠的或不可靠的连接，数据传输单位称为报文。传输层还可以实现端到端的差错控制和流量控制等。

会话层 (Session Layer): 管理主机之间的会话进程，即负责建立、管理、终止进程之间的会话。会话层还利用在数据中插入校验点来实现数据的同步。

表示层 (Presentation Layer): 对应用层数据、信息进行变换，以保证一个主机应用层信息可以被另一个主机的应用程序理解。表示层的数据转换包括数据的加密、压缩、格式转换等。

应用层 (Application Layer): 为操作系统或网络应用程序提供访问网络服务的接口。

OSI 参考模型结构如图 1-11 所示。图中水平双向虚线表示对等层间逻辑上的通信 (虚通信)，空心线表示实际通信 (实通信)。

例如：主机 A 上的应用程序 AP1 向主机 B 的应用程序 BP2 传送数据。数据不能直接发送，AP1 必须先将数据交给应用层，应用层在数据上加上必要的控制信息 H7 送交表示层。表示层收到应用层提交的数据后，加上本层的控制信息 H6，再交给会话层，依此类推。数据自上而下的递交过程实际上就是不断封装的过程，当到达物理层时进行比特流的传送。比特流经过网络的通信线路传送到目的主机 B 后，自下而上递交的过程则是不断拆封的过

程，每一层根据对应的控制信息进行必要的操作，在剥去控制信息后，将其余的数据提交给上一层。最后应用程序 BP2 收到了应用程序 AP1 发送的数据。

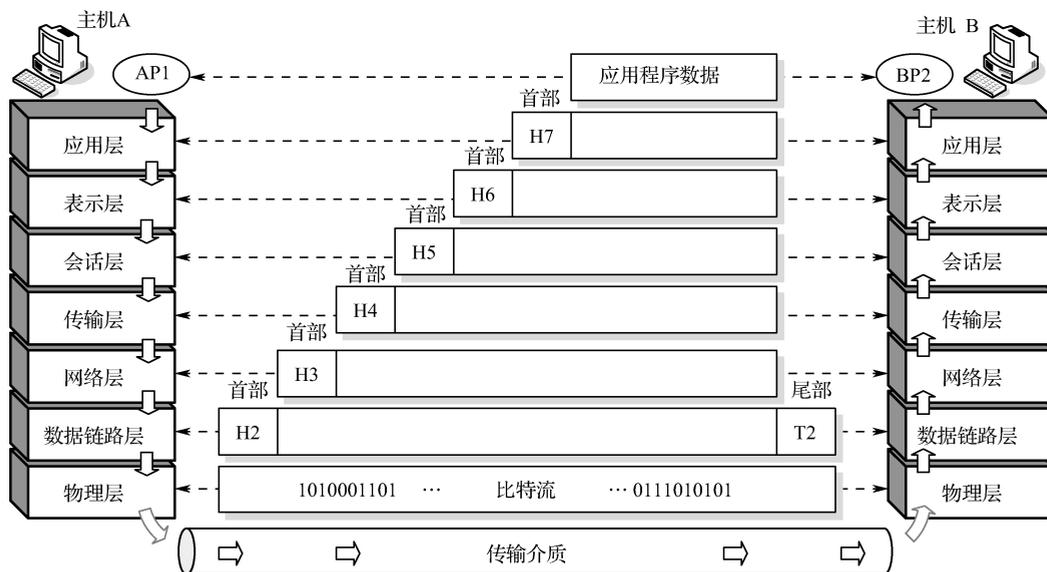


图 1-11 OSI 参考模型

尽管 OSI 参考模型层次清晰，得到理论界的推崇，但由于体系结构过于繁复，难以实现。随着 Internet 的普及，协议集 TCP/IP 因其简单实用，很快成为事实上的国际标准。虽然 OSI 参考模型一直未能得到真正应用，但为协议集 TCP/IP 的不断改进提供了参考方向。

1.3.3 TCP/IP 体系结构及协议

目前互联网中使用的协议是以传输控制协议 TCP 和网络互连协议 IP 为核心的协议集，通常称为 TCP/IP 协议，包括了上百个不同的网络协议。

TCP/IP 协议采用 4 层体系结构，从下到上依次是网络接口层、网络互连层、传输层和应用层，其功能说明如下。

网络接口层 (Network Interface Layer): 负责与物理网络的连接。实际上 TCP/IP 没有定义该层的实现，具体的实现方法包括所有现行的网络访问标准，如以太网、无线局域网等。

网络互连层 (Internet Layer): 负责处理数据分组并提供网络互连路由，它的核心是 IP 协议，主要功能是接收来自传输层的数据，将它们封装成 IP 数据分组转发到网络接口层；同时接收来自网络接口层的数据，去掉 IP 报文头，按传输层格式发送给传输层。IP 提供的是“尽力而为”的服务，使用 IP 协议的网络均被称为 IP 网络。

传输层 (Transport Layer): 提供应用程序端到端的通信，包括 TCP 和 UDP 两个协议。传输控制协议 TCP 为应用程序提供面向连接的可靠服务；用户数据报协议 (User Datagram Protocol, UDP) 提供面向无连接的、不可靠的服务。这两个协议都基于 IP 协议所提供的

服务为应用层提供服务。

应用层 (Application Layer): 规定应用程序进程通信时应用数据封装应遵循的协议, 包括各种网络服务协议, 如超文本传输协议 (Hyper Text Transfer Protocol, HTTP)、文件传输协议 (File Transfer Protocol, FTP) 等。

TCP/IP 体系结构与 OSI 参考模型对应关系如图 1-12 所示。

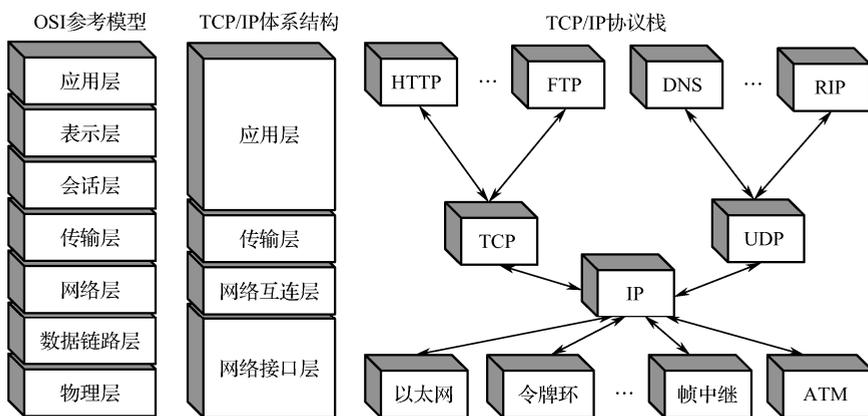


图 1-12 TCP/IP 体系结构与 OSI 参考模型对应关系

TCP/IP 来自 Internet 的研究和应用实践, 现已经成为网络互连的工业标准, 操作系统都已包含了该协议。

1.3.4 移动通信协议

随着互联网的迅猛发展, 笔记本电脑、平板电脑、手机等可移动的终端设备已成为人们日常社会生活中不可或缺的重要工具。移动通信是指能够在移动状态下完成信息交换的通信方式。为了实现移动通信网络与 Internet 的互相连接, Internet 工程任务组 (Internet Engineering Task Force, IETF) 下属的移动 IP 工作组提出了一套 IP 路由机制和协议 (移动 IP), 使得网络节点在位置移动时, 仍能保持正在进行的通信过程, 无须反复启动及配置 IP 参数, 满足人们随时随地从互联网获取数据、共享网络资源和服务的需求。

1.4 网络操作系统

计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成, 软件系统又可以分成系统软件和应用软件, 操作系统 (Operation System, OS) 属于系统软件, 位于软件的最底层。作为用户与计算机硬件系统之间的接口, 操作系统必须具备以下两个方面的功能。

- (1) 为用户提供各种简便有效的访问本机资源的方法 (用户接口)。
- (2) 合理地组织系统工作流程, 能够有效地管理系统 (管理资源)。

现代操作系统通过进程和线程管理、内存管理、文件管理和输入/输出管理实现操作系统的基本功能。网络通信和服务能力已成为现代操作系统的必备功能, 一般不再特指某个

操作系统为网络操作系统。

对于联网的计算机设备而言，其资源既是本机资源，同时也是网络资源，操作系统既要为本地用户使用资源提供服务，也要为远程的网络用户使用资源提供服务。操作系统的网络功能屏蔽了本地资源与网络资源的差异，协调多节点任务对网络资源的请求，提供用户与网络资源之间的接口，实现对网络资源的管理和控制。

目前常用的操作系统包括：面向个人计算机和终端设备的 Windows、Mac iOS 和 Android 等客户端操作系统，面向网络服务设备的 UNIX、Linux 等服务端操作系统、物联网操作系统及云操作系统。

(1) 客户端操作系统主要为计算设备连接网络提供通信能力，以及进行网络部件的配置和安全管理。

(2) 服务端操作系统主要为连接到网络中的设备提供通信控制、数据分发、数据共享和存储等服务，以及实现网络资源的共享管理和安全管理。

(3) 物联网操作系统主要屏蔽物联网中硬件设备的多样性，面向应用提供统一的编程接口，采用统一的远程控制和管理接口，方便物联网的集中管理和维护。

(4) 云操作系统管理海量服务器、存储等基础硬件，将分布的硬件资源从逻辑上整合成单一资源，实现计算任务管理及资源调配，为云应用提供统一标准的接口、按需获取的服务。

下面简要介绍客户端和服务端的常用操作系统，物联网和云操作系统将在后续章节结合物联网和云计算平台进行阐述。

1.4.1 服务器端操作系统

1. UNIX 操作系统

UNIX 操作系统诞生于 20 世纪 60 年代末，是历史悠久的操作系统，广泛地用于大、中型服务器上。UNIX 是一个分时、多用户多任务的操作系统，系统内核短小精悍，外部程序功能强大，具有良好的可移植性。

UNIX 操作系统的源代码是不公开的，需要授权才能使用，目前应用的主要有两个版本。一个是来源于 UNIX 最初的开发者 AT&T 公司贝尔实验室的 System V，各大主机厂商的主机系统均在此基础上定制了自己主机的 UNIX 版本，如 IBM 公司的 AIX、HP 公司的 HP-UX 和 SUN 公司的 Solaris 等。另一个来源于美国加利福尼亚大学伯克利分校的 BSD (Berkley Software Distribution)，如 NetBSD、FreeBSD 等，其标识如图 1-13 所示，一般应用于大、中型企业的网络服务器管理。



图 1-13 UNIX 标识

2. Linux 操作系统

Linux 是由芬兰人 Linus Torvalds 开发的操作系统，诞生于 1991 年。Linux 是开放源码

的类 UNIX 操作系统，采用了与 UNIX 几乎一致的系统 API 接口（特别是网络方面），具有较好的稳定性和安全性。Linux 支持多种硬件平台，包括 PC 服务器、PC 台式机、笔记本和嵌入式设备等。Linux 支持多处理器并行运行，很多计算机阵列（Cluster）和云平台的操作系统都基于 Linux 实现。

Linux 是一款免费的操作系统，用户可以通过网络或其他途径免费获得，并可以任意修改其源代码，其标识如图 1-14 所示。各厂商在 Linux 内核基础上定制的版本称为 Linux 发行版，如 RedHat、Ubuntu、红旗 Linux、中科软 Linux 等。



图 1-14 Linux 标识

1.4.2 客户端操作系统

1. Windows 操作系统

Windows 操作系统是美国微软公司研发的操作系统，问世于 1985 年，其标识如图 1-15 所示。Windows 有个人计算机和服务器两个版本。其中个人计算机版本从 MS-DOS、Windows 3.1 到今天的 Windows 10 始终占据着个人计算机的市场。Windows Server 占用的系统资源较多，稳定性和安全性相对不足，通常仅用于 PC 服务器。



图 1-15 Windows 标识

Windows 提供方便的网络连接管理，集成各种网络工具，如浏览器、聊天工具等，能无缝连接微软的各种云服务。Windows Server 2012 版本提供 IP 地址管理、活动目录管理，以及实现和管理云平台的工具 Hyper-V。

2. Mac 操作系统

Mac OS 基于 UNIX 内核开发，是一套运行于苹果 Macintosh 系列计算机上的专用操作系统。Mac OS 第一个拥有图形用户界面（GUI），一直以界面美观、简单易用，强大的多媒体处理能力著称，其标识如图 1-16 所示。

Mac OS 的 Safari 是一款非常受欢迎的网络浏览器，不仅可以使使用阅读器排除网页上的干扰，还可以保存阅读列表，以便进行离线浏览。iCloud Drive 可以存放照片、App、电子邮件、通讯录、日历和文档等内容，并以无线方式将它们推送到个人所有的其他 Mac 设备上。



图 1-16 Mac OS 标识

Mac iOS 则是专用于苹果移动设备（iPad、iPhone 等）的操作系统，也是以 UNIX 内核为基础实现的，内置与 PC 版类似的各种应用。苹果的 App Store 拥有数量庞大的移动 App，只要使用 Apple ID 即可轻松访问、搜索和购买。

Mac iOS 提供内置的安全性，包括防止恶意软件和病毒；支持加密网络通信，用于保护传输过程中的敏感信息。如果设备丢失或失窃，可以远程定位并擦除该设备的所有数据。

3. Android 操作系统

Android 操作系统最初由 Andy Rubin 开发，美国 Google 公司收购注资后，以 Apache 开源许可证的授权方式发布了 Android 的源代码（其标识见图 1-17），并组建了开放联盟共同研发改良。Android 操作系统目前已经成为主流的移动终端操作系统。

Android 操作系统基于 Linux 内核实现，主要用于移动设备，如智能手机、平板电脑等。Android 的 App 使用 Java 语言开发，支持各种硬件平台，包括 ARM 架构、x86、x86-64、MIPS 和 MIPS64 等，因此 Android 也可以在手机以外的多种设备中使用。



图 1-17 Android OS 标识

习题

1. 选择题

(1) 大学寝室内，同学们的手机、计算机等设备通过无线路由器相互连接，这些设备组成了_____拓扑结构的局域网。

- A. 星状 B. 树状 C. 总线 D. 环状

(2) TCP/IP 分层模型中，下列_____是传输层的协议之一。

- A. IP B. UTP C. UDP D. FTP

(3) 在计算机机房里，由计算机及网络设备组成了一个网络。此网络属于_____。

- A. 局域网 B. 城域网 C. 广域网 D. 个人区域网

(4) 某学生家里租用电信 100Mbps 的宽带上网，下载一部文件大小为 5.4GB 的电影，完成下载需要的最快时间大约为_____。

- A. 440s B. 55s C. 1min D. 10min

(5) 城市电话网在数据传输期间，在源节点与目的节点之间有一条临时专用物理连接线路。此电话网采用的技术是_____。

- A. 报文交换 B. 电路交换 C. 分组交换 D. 数据交换

2. 填空题

(1) OSI 参考模型的_____保证一个主机应用层发出的信息能被另一个主机的应用层理解。

- (2) 描述计算机通信的规则、标准和约定被统称为_____。
- (3) 在网络分层结构中，数据自上而下的递交过程就是不断_____的过程。
- (4) 利用无线通信技术将属于个人的电子设备（笔记本电脑、平板电脑、手机等）连接起来形成局域网被称为个人区域网，其英文缩写是_____。
- (5) 国内自主品牌的手机多采用_____操作系统。