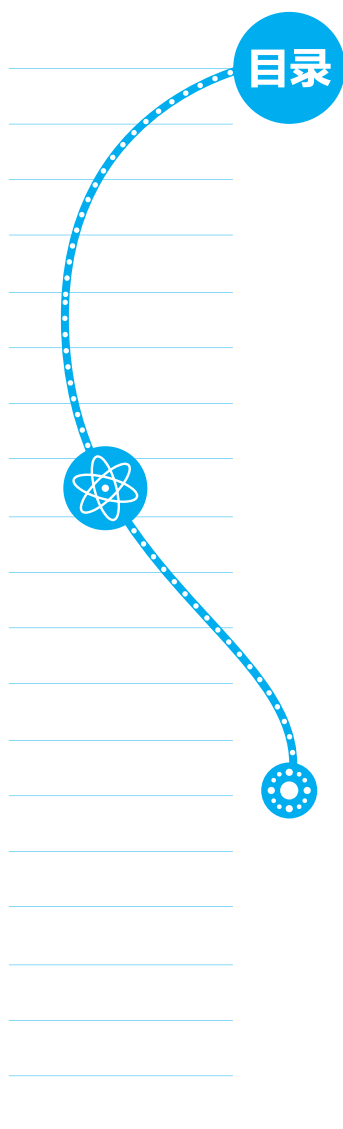




项目一 走近计算机网络	1
任务1 网络技术基础	2
任务描述	2
任务分析	2
相关知识	2
一、计算机网络的发展与组成	2
二、计算机网络的功能与分类	8
三、计算机网络体系结构	10
任务实施	20
任务 1-1 双绞线制作与检测	20
任务 1-2 光纤制作与检测	23
拓展知识	25
习题演练	25
任务2 通信技术基础	26
任务描述	26
任务分析	26
相关知识	26
一、数据通信概述	26
二、数据编码技术	32
三、多路复用技术	37
四、数据交换技术	41
五、数据传输的同步问题	45
六、差错检测与控制	46
任务实施	49
任务 2-1 Matlab Simulink 的建模仿真	49
任务 2-2 2ASK 调制与解调仿真	55
拓展知识	58
习题演练	58
项目二 构建局域网	59
任务1 局域网的组建与配置	60
任务描述	60
任务分析	60
相关知识	60
一、局域网概述	60
二、高速网络技术	68

三、IPv4 基础	73
四、IPv6 基础	82
任务实施	86
任务 1-1 小型共享式对等网的组建与配置	86
任务 1-2 小型交换式对等网的组建与配置	93
任务 1-3 IP 地址与子网划分	94
任务 1-4 多交换机间级联网络的组建	95
拓展知识	97
习题演练	97
任务 2 无线局域网的组建与配置	98
任务描述	98
任务分析	98
相关知识	98
一、无线局域网概述	98
二、无线局域网的组建	101
任务实施	104
任务 2-1 组建 Ad-Hot (点对点) 模式无线局域网	104
任务 2-2 组建 Infrastructure 模式无线局域网	106
拓展知识	109
习题演练	109
任务 3 虚拟局域网的组建与配置	110
任务描述	110
任务分析	110
相关知识	111
一、交换机基础与配置	111
二、虚拟局域网概述	132
任务实施	139
任务 3-1 交换机的基本配置	139
任务 3-2 虚拟局域网配置	143
任务 3-3 三层交换机实现虚拟局域网通信	149
拓展知识	154
习题演练	154

项目三 构建互联网络	155
任务 1 局域网互联	156
任务描述	156
任务分析	156
相关知识	156
一、网络互联的原因	156
二、网络互联分类	157
三、网络互联设备的工作原理	159
四、路由器基础与配置	163
任务实施	170
任务 1-1 路由器的基本配置	170
任务 1-2 路由器实现虚拟局域网 (VLAN) 间通信	174
拓展知识	180
习题演练	180
任务 2 接入 Internet	181
任务描述	181
任务分析	181
相关知识	181
一、广域网技术	181
二、Internet 接入技术	195
三、ICS 服务	204
任务实施	205
任务 2-1 单机通过 ADSL 接入 Internet	205
任务 2-2 局域网通过宽带路由器接入 Internet	207
任务 2-3 局域网通过 ICS 服务器接入 Internet	210
拓展知识	212
习题演练	212

项目四 网络服务器的安装与配置	213
任务 1 Windows Server 2008 的安装与管理	214
任务描述	214
任务分析	214
相关知识	214

一、操作系统概述	214
二、网络操作系统概述	215
三、几种典型的网络操作系统	217
四、网络操作系统的选择	219
任务实施	220
任务 1-1 VMware Workstation 12 Pro 的安装与使用	220
任务 1-2 Windows Server 2008 的安装	229
任务 1-3 工作组模式下的用户、组和文件管理	233
拓展知识	240
习题演练	240
任务 2 服务器的配置	241
任务描述	241
任务分析	241
相关知识	241
一、服务器功能	241
二、服务器技术	241
三、服务器的工作原理	245
四、服务器的选购	253
任务实施	253
任务 2-1 DNS 服务器的配置	253
任务 2-2 Web 服务器的配置	260
任务 2-3 FTP 服务器的配置	267
任务 2-4 DHCP 服务器的配置	275
任务 2-5 文件服务器的配置	283
拓展知识	290
习题演练	290
项目五 网络管理及安全	291
任务 1 网络管理基础	292
任务描述	292
任务分析	292
相关知识	292
一、网络管理概述	292
二、网络故障诊断和维护方法	298

三、常见局域网故障	299
任务实施	302
任务 1-1 网络故障维护命令的使用	302
任务 1-2 网络故障管理工具的使用	318
拓展知识	320
习题演练	320
任务 2 网络安全基础	321
任务描述	321
任务分析	321
相关知识	321
一、网络安全的重要性	321
二、网络安全的研究范畴	322
三、访问控制与设备安全	326
四、网络攻击与防卫	329
任务实施	336
任务 2-1 数据备份与恢复常用工具	336
任务 2-2 网络病毒的诊断和防范	343
拓展知识	344
习题演练	344
任务 3 防火墙的配置	345
任务描述	345
任务分析	345
相关知识	345
一、防火墙概述	345
二、防火墙体系结构	347
三、防火墙技术	349
任务实施	352
任务 3-1 网络监听工具的使用	352
任务 3-2 锐捷硬件防火墙基本配置	356
拓展知识	362
习题演练	362
任务 4 虚拟专用网的配置	363
任务描述	363
任务分析	363
相关知识	363
一、VPN 概述	363

二、VPN 的特点	364
三、VPN 处理过程	365
四、VPN 关键技术	365
五、VPN 隧道协议	366
任务实施	368
任务 4-1 部署一台基本的VPN服务器	368
任务 4-2 在客服端建立并测试 VPN 连接	375
拓展知识	380
习题演练	380

项目六 网络规划设计与综合布线	381
任务 1 网络规划设计与综合布线	382
任务描述	382
任务分析	382
相关知识	382
一、结构化布线基础	382
二、网络规划设计	388
三、网络系统性能评价	391
任务实施	392
任务 1-1 用 Visio 绘制网络拓扑图	392
拓展知识	395
习题演练	395

参考文献	396
-------------	-----

附 录 计算机网络常用英文缩写	397
------------------------	-----

项目

走近计算机网络

开篇伊始，面对纷繁复杂、真实而又抽象的计算机网络，很多人一脸茫然。本书以“近网→组网→用网→管网”为主线，为读者描绘一条循序渐进的学习线索和提升通道。如果把计算机网络比作一扇门，那么“近网”就是认识这扇门，“进网”就是打开这扇门。本项目就带领大家走近计算机网络这个世界。

知识目标

- ① 了解计算机网络的概念和发展
- ② 了解计算机网络的功能和分类
- ③ 了解计算机网络的体系结构

技能目标

- ① 学会双绞线的制作和检查
- ② 学会光纤的制作和检查

【任务描述】

某高校新校区需筹建校园网。张灵君是该校的一名大一新生，得知老师要带领他们一起做这个项目，他感到既高兴又害怕，因为他对计算机网络知识知之甚少。于是老师耐心地为介绍了循序渐进的学习线索，要求他先夯实网络技术基础知识，练好基本功。那么网络技术的基础知识都有哪些呢？

【任务分析】

我们一起分析下吧。大一新生可能还不清楚计算机网络是什么，它经历了哪些阶段、由哪些部分组成、有什么功能、有多少种分类，项目实施时应该选择什么样的拓扑结构，采用哪种网络体系结构，网络间采用何种传输介质效果会更好等问题。这些都属于网络技术的基础知识。

【相关知识】

一、计算机网络的发展与组成

(一) 计算机网络的定义

研究计算机网络，首先要了解什么是计算机网络。计算机网络在不同的观点下有不同的定义，目前主要有以下 4 种。

⑧ 广义观点下的定义：计算机网络是计算机技术和通信技术相结合实现远程信息处理和进一步达到资源共享的系统。

⑧ 资源共享观点下的定义：计算机网络是把地理位置上分散的、能够以相互共享资源（硬件、软件、信息）方式而连接起来的，并且各自具有独立功能的计算机系统的集合。

⑧ 用户透明性观点下的定义：存在一个能为用户自动管理资源的网络操作系统，由它来调用完成用户任务所需的资源，而整个网络像一个大的计算机系统一样对用户是透明的。

⑧ 网络连接观点下的定义：利用通信线路和通信设备，把地理上分散并具有独立功能的多个计算机系统互相连接，按照网络协议进行数据通信，由功能完善的网络软件实现资源共享的计算机系统的集合。

由于 4 种观点各有侧重，因此很难说哪个观点更有代表性。况且计算机网络还在不断发展，形成全球统一的定义还尚需时日。

(二) 计算机网络发展的阶段划分

计算机网络的发展过程经历了从单机到多机的复杂过程，主要分 4 个阶段。

1. 面向终端的计算机网络阶段

20 世纪 60 年代初，计算机网络是以单个计算机为中心的远程联机系统，是一种面向终端的单机联机系统，主要由一台主机、多个联机终端和多用户操作系统组成，如图 1-1-1 所示。这种简单的单机联机系统主机系统负载过重、通信线路利用率低。

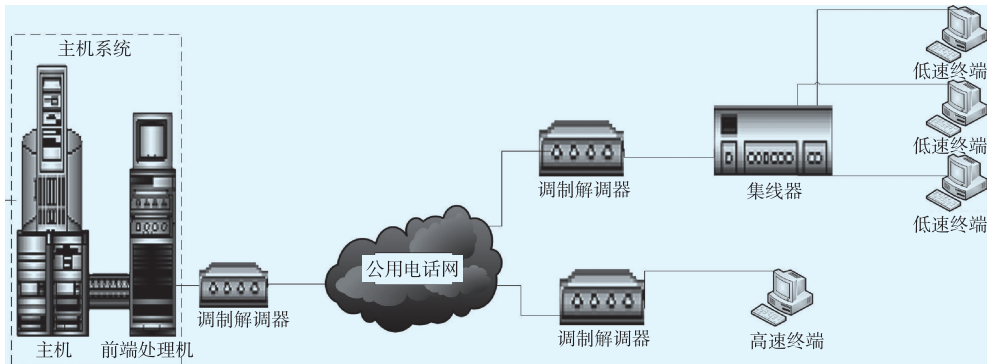


图 1-1-1 单机联机系统

为了解决以上问题，多级联机系统诞生了，如图 1-1-2 所示。多级联机系统在主机和通信线路之间设置一个前端处理机（如 CCP），专门负责通信控制以减轻主机负担，美国民航的全国订票系统就是此类系统的典型代表。

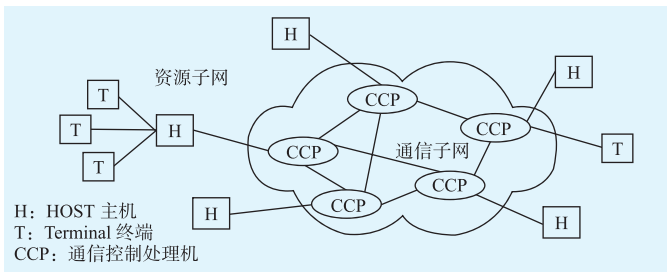


图 1-1-2 多级联机系统

2. 现代计算机网络阶段

现代计算机网络主要指的是计算机之间的互联与通信。现代计算机网络以通信网为核心，以资源为目的。其中，通信网由通信网络和资源网络两个子网结合而成。现代计算机网络中，多个自主功能的主机通过通信线路互联，形成资源共享。它的最初代表是美国国防部高级研究计划局开发的 ARPANET。

3. 计算机网络标准化阶段

网络体系标准的出现，使得同一个企业生产的各种网络设备能够轻易地互连成网，但是却不利于网络与网络之间的互连，不同网络体系标准下的用户迫切要求能够互相交换信息。因此，计算机网络标准化克服了不同网络体系的网络互连，使得网络体系结构具有统一的、遵循国际标准的协议，以便不同的用户互相交换信息。

4. 网络互联与高速网络阶段

20 世纪 90 年代后，计算机网络的发展更加迅速，以 Internet 为代表的互联网，它的特点是互联、高速和智能化。网络的高速化也称为宽带化，指的是网络的传输速率可达到几十或几百兆比特 / 秒（Mbit/s），甚至更高的量级。网络互联和高速计算机网络正成为新一代计算机网络的发展方向。

美国民航的全国订票系统



ARPANET



(三) 计算机网络的组成

在讨论计算机网络组成时，可以从物理组成和逻辑组成两个方面来讨论。

1. 物理组成

计算机网络由硬件和软件两大部分组成。网络硬件负责数据处理和数据转发，它为数据的传输提供一条可靠的传输通道。网络硬件包括计算机系统、通信线路和通信设备。网络软件是真正控制数据通信和实现各种网络应用的部分。软件包括网络协议及网络软件。因此可以说，计算机系统、通信线路与通信设备、网络协议、网络软件是组成计算机网络的4大要素。下面简单介绍各要素的主要功能。

(1) **计算机系统**。计算机系统是计算机硬件系统和计算机软件系统的总称。计算机网络中连接了至少两台具有独立功能的计算机系统，这些计算机系统可以是巨型机、大型机、小型机、工作站、微机或其他数据终端设备。计算机系统的主要作用是负责数据信息的收集、处理、存储和传播，还可以提供共享资源和各种信息服务。

(2) **通信线路和通信设备**。通信线路和通信设备将计算机互连起来，在计算机之间建立一条物理通道，用于数据传输。其中，通信线路指的是传输介质及其介质连接部件，包括光缆、同轴电缆、双绞线等。通信设备指网络连接设备和网络互连设备，包括网卡、集线器(HUB)、中继器(Repeater)、交换机(Switch)、网桥(Bridge)、路由器(Router)及调制解调器(Modem)等。通信线路和通信设备负责控制数据的发出、传送、转发、接收，以便完成信息交换。

(3) **网络协议**。网络协议是指通信双方必须共同遵守的约定和通信规则。它是通信双方关于通信如何进行所达成的一致规则。比如用什么样的格式表达、组织和传输数据，如何校验和纠正传输出现的错误，传输信息时如何组织与控制等。现代网络都是层次结构，协议规定了分层原则、层间关系、执行信息传递过程的方向、分解与重组等。在网络上通信的双方必须遵守相同的协议，才能正确地交流信息，就像人们谈话要说同一种语言一样，如果谈话时使用不同的语言，就会造成双方都听不懂对方在说什么的问题，那么他们将无法进行交流。因此，协议在计算机网络中是至关重要的。一般说来，协议的实现由软件和硬件分别或配合完成，有的部分由网络设备来承担。

(4) **网络软件**。网络软件是一种在网络环境下使用、运行或控制、管理网络工作的计算机软件。根据软件的功能，计算机网络软件可分为网络系统软件和网络应用软件两大类型。

❁ **网络系统软件**：控制和管理网络运行、提供网络通信、分配和管理共享资源的网络软件，包括网络操作系统、网络协议软件、通信控制软件和管理软件等。网络操作系统(Network Operating System, NOS)是指能够对网络范围内的资源进行统一调度和管理的程序。它是计算机网络软件的核心程序，是网络软件系统的基础。网络协议软件(如TCP/IP协议软件)是实现各种网络协议的软件，它是网络软件中最重要、最核心的部分，任何网络软件都要通过协议软件才能发生作用。

❁ **网络应用软件**：为某一个应用目的而开发的网络软件，如远程教学软件、数字图书馆软件、Internet信息服务软件等。网络应用软件为用户提供访问网络的手段及网络服务，资源共享和信息传输的服务。

2. 逻辑组成

考虑计算机网络的两大基本功能——数据处理与数据通信，从更有利于技术实现与功能



计算机系统



通讯设备



开发的角度，通常将计算机网络从逻辑功能上分为资源子网和通信子网两个部分。图 1-1-2 就是一个具有资源子网和通信子网两级逻辑结构的网络模型。

（1）资源子网。

资源子网负责全网的数据处理业务，并向网络用户提供各种网络资源和网络服务。资源子网由主机、终端以及相应的输入输出设备、各种软件资源和数据资源构成。

主计算机简称主机（Host），它可以是大型计算机、中型计算机、小型计算机、工作站或微型计算机。主机是资源子网的主要组成单元，它们除了为本地用户访问网络中的其他主机与资源提供服务外，还要为网络中的远程用户共享本地资源提供服务。主机通过高速通信线路与通信子网中的通信控制处理机相连。

终端（Terminal）是用户进行网络操作时所使用的末端设备，它是用户访问网络的接口。终端可以是简单的输入输出设备，如显示器、键盘、打印机、传真机，也可以是带有微处理机的智能终端，如可视电话、手机、数字摄像机等。智能终端除了基本的输入输出功能外，本身还具有信息存储与处理能力。终端设备可以通过主机连入网络，也可以通过终端控制器或通信控制处理机连入网络。

（2）通信子网。

通信子网负责为资源子网提供数据传输和转发等通信处理能力。通信子网主要由通信控制处理机、通信链路及其他通信设备（如调制解调器）组成。

通信控制处理机（Communication Control Processor, CCP），是一种具有通信控制功能的计算机，按照它的功能和用途，可以将其分为存储转发处理机、网络协议变换器和分组组装/拆卸设备等。通信控制处理机主要功能如下。

❁ **网络接口功能：**实现资源子网和通信子网的接口功能。

❁ **存储/转发功能：**为进入网络传输的数据提供转接功能。

❁ **网络控制功能：**为数据提供路径选择、流量控制、服务质量控制等功能。

通信控制处理机既可以作为资源子网与通信子网连接的接口，也可以作为通信子网中的分组存储/转发节点。在小型网络中通信控制处理机可以由一般的小型计算机或微型计算机担任，但在中大型网络中必须采用专用的通信控制处理机设备。

通信链路用于为通信控制处理机之间、通信控制处理机与主机之间提供通信信道，它包括用于传输信息的物理信道以及为达到有效、可靠的传输质量所必需的信道设备。通信信道的种类很多，可以使用架空明线、双绞线、同轴电缆、光导纤维电缆等有线通信信道，也可以使用无线通信、微波通信和卫星通信等无线通信信道。

通信设备包括调制解调器、集中器、多路复用器等数据传输设备。调制解调器是把数据终端设备与模拟通信线路连接起来的一种设备，实现波形调制、驱动与接口功能；集中器是通过通信线路将多个终端设备连接在一起，再通过主干线路与主机连接；多路复用器用于实现多路信号在同一物理链路或信道中的同时传输。

（四）计算机网络的拓扑结构

在计算机网络中抛开网络中的具体设备，把服务器、工作站等网络单元抽象为“点”，把网络中的电缆等通信介质抽象为“线”，这样从拓扑学的观点看计算机网络系统，就形成了点和线组成的几何图形，从而抽象出了网络系统的具体结构。这种采用拓扑学方法抽象出的网络结构称为计算机网络的拓扑结构。

网络拓扑可用物理或逻辑的观点来描述。物理拓扑描述了组成局域网各部分的几何分布，这种拓扑不是网络图，它只是用图形表述局域网形状和结构的理论构造。逻辑拓扑描述了成对的可通信的网络端点间的可能连接，它可用于描述哪些端点可同其他端点通信，以及这些可通信的端点对之间是否有相互的直接物理连接。

常见的局域网拓扑结构有星型、总线型、环型、树型和网状型，如图 1-1-3 所示。

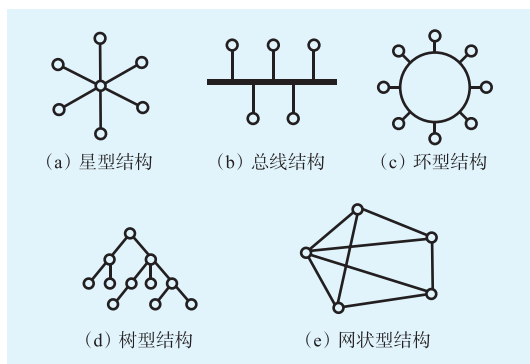


图 1-1-3 常见网络拓扑结构示意图

1. 星型拓扑结构

在星型网络拓扑结构中，各结点通过点到点的链路与中心结点连接。中心结点可以是转接中心，起到连通作用；也可以是一台主机，此时就具有数据处理和转接的功能。

图 1-1-3a 所示的星型拓扑结构中，所有结点通过传输介质与中心结点相连，采用集中控制，即任何两结点之间的通信都要通过中心结点进行转发，中心结点通常为集线器（Hub）。Hub 具有信号再生转发功能，通常有 8 个、16 个、24 个端口等规格，每个端口相对独立。常见的工作方式有两种，一种方式是当中央集线器从一个结点接收到信息后，向所有的其他结点转发，这是广播式的星型网络；另外一种方式是交换式星型网络，中央集线器只向目的地址指定的结点转发。星型拓扑已成为现今局域网中占统治地位的拓扑结构。

❁ **星型拓扑的优点：**网络结构简单，建网容易，便于集中控制和管理；网络易于扩展，网络中加入新结点时，不会影响到网络其余部分的正常工作；故障的检测和隔离方便。由于所有结点直接连接到中心结点，某个结点发生故障，不会影响到其他的结点，因此故障容易检测和隔离；网络延迟时间较小，传输误差较低。

❁ **星型拓扑的缺点：**网络的中心结点负担过重，它是全网可靠性的瓶颈，中心结点的故障可能造成全网瘫痪；通信线路利用率不高，每个结点都使用独立的传输线路，需要大量的电缆。

2. 总线型拓扑结构

总线型拓扑网络是将若干个结点设备平等地连接到一条高速公用总线上，如图 1-1-3b 所示。其中一个结点是网络服务器，由它提供网络通信及资源共享服务，其他结点是网络工作站。用作通信介质的总线可以是同轴电缆、双绞线或扁平电缆。

总线型网络采用广播通信方式，即所有结点都可以通过总线传输介质发送或接收数据，但一段时间内只允许一个结点利用总线发送数据。当一个结点利用总线传输介质以“广播”方式发送数据时，其他结点可以用“收听”方式接收数据。信道的共享采用分散控制，每个结点发送的信号都可以传到总线上的每一个结点，但按目的地址接收。由于只有单一的共享信道，当两个或更多的结点同时发送信息时就产生了冲突。为了避免冲突，一个时刻只能有



总线型拓扑结构



一个结点发送信息，因此必须通过某种介质访问控制规程来分时地使用共享信道。总线型网络可以使用目前已列入国际标准的两种协议，一种是带冲突检测的载波侦听多重访问 / 碰撞检测 (CSMA/CD) 协议，另一种是令牌传送总线协议。

在总线结构网络中，作为数据通信必经之路的总线的负载能力是有限的，这是由通信介质本身的物理性能决定的，所以，总线结构网络中工作站结点的个数是有限的。如果工作站结点的个数超出总线负载能力，就需要延长总线的长度，并加入适当的附加转接设备，使总线负载达到容量要求。总线拓扑结构常用于小型的局域网络。

⚙️ **总线型拓扑的优点：**网络结构简单灵活，便于扩充，可靠性高，网络结点间响应速度快，易于布线，成本低。

⚙️ **总线型拓扑的缺点：**实时性较差，故障诊断困难。

3. 环型拓扑结构

在环型拓扑结构中，每个结点都先连接到一个转发器上，再将所有的转发器通过点到点信道连成闭合环路，所以各工作站也是平等地连接到网上，如图 1-1-3c 所示。环路上任何结点均可以请求发送信息，信道的共享采用分散式控制，但网络中的信息是单向流动的，从任一站发出的信息经环路传送一周以后都返回到发送站进行回收。当信息经过目的站时，目的站根据信息中的目的地址判断出自己是接收站，并把该信息拷贝到自己的接收缓冲区中。

为了控制各站对环路的访问，在环上流通着一个包含特殊信息的令牌。只有得到令牌的站可以发送信息。当一个站发送完信息并回收后，就把令牌向下传送，以便下一个站可以得到发送的机会。当网络中没有结点需要发送信息时，令牌就一直在环路上传递。

⚙️ **环型拓扑的优点：**结构简单，当网络确定时，传输延迟确定；网络中信息沿单方向流动，结点之间通路唯一，无信道选择问题，简化了路径选择的控制；当网络确定时，其延时固定，实时性强；双环结构的环型网中，当一个结点发生故障时自动将故障结点旁路，具有极高的可靠性。

⚙️ **环型拓扑的缺点：**环路封闭，扩充不方便，增加和删除结点较困难；环上数据传输要通过接在环上的每一个结点，当结点过多时，影响传输效率；单环网中如果某一结点出现故障，会引起全网故障，同时确定故障结点也较困难。

4. 树型拓扑结构

在实际建造一个较大型网络时，往往采用多级星型网络，将多级星型网络按层次方式排列，即形成树型网络。因此，树型拓扑可以看成是星型拓扑的扩展，如图 1-1-3d 所示。在树型拓扑结构中，结点按层次进行连接，网络的最高层是中央处理机，最低层是终端，而其他各层可以是多路转换器、集中器或部门用计算机。信息交换主要在上、下层结点之间进行，相邻及同层结点之间一般不进行数据交换或数据交换量小。

⚙️ **树型拓扑的优点：**易于扩展，可以延伸出许多分支和子分支；故障隔离容易。

⚙️ **树型拓扑的缺点：**愈靠近顶部的结点，处理能力愈强，其可靠性要求就越高，如果顶部结点发生故障，则全网不能正常工作。

5. 网状型拓扑结构

在网状型拓扑网络中，结点之间的连接是任意的，没有规律，如图 1-1-3e 所示。其主要优点是可靠性高，但结构复杂，必须采用路由选择算法和流量控制方法。广域网基本上采用网状型拓扑结构。



环型拓扑结构



在实际组网中，拓扑结构不是单一的，通常是几种结构混用。

二、计算机网络的功能与分类

（一）计算机网络的功能

计算机网络的功能归纳起来，主要有以下 4 个方面。

1. 资源共享

资源共享是网络的基本功能之一。资源可分为硬件资源、软件资源、数据资源、信道资源。硬件资源包括各种类型的计算机、大容量存储设备、计算机外部设备，如彩色打印机、静电绘图仪等；软件资源包括各种应用软件、工具软件、系统开发所用的支撑软件、语言处理程序、数据库管理系统等；数据资源包括数据库文件、数据库、办公文档资料、企业生产报表等；信道资源是指通信信道，通信信道的共享是计算机网络中最重要的共享资源。

2. 数据通信

数据通信包括网络用户之间、各处理器之间以及用户与处理器之间的数据通信。语音视频会话、网上寻呼、网络即时信息和电子邮件等都是基于数据通信的典型应用。网络数据通信除了实时性强之外，其优越性还在于它可以实现包括数字、声音、图像和视频在内的多媒体数据通信。

3. 均衡负载和分布式计算

均衡负载是指当网络中的某个或某些节点负载过重时，由网络内其他较为空闲的计算机通过协同操作和并行处理等方式来分担负载。它不仅可以均衡网络内各计算机负载，还可以充分利用计算机网络内的空闲资源来提高整个系统的处理能力。

分布式计算是指当网络中某个节点的性能不足以处理某项复杂的计算或数据处理任务时，通过调用网络中的其他计算机，进行分工合作来共同完成任务的计算模式。例如，在一个分布式的气象信息处理系统中，可以调用分布在广阔地域范围内的各计算机协同工作，对所获得的卫星气象数据进行快速、及时地处理，以得到准确的气象信息。

4. 数据信息的集中和综合处理

计算机联网后，可以将网络中不同计算机上得到的数据搜集起来，并进行整理、分析、挖掘与利用等综合处理。例如，一个学校可以通过网络将其行政、教学、学生、后勤和财务等各个方面的数据集中在一起，对它们进行综合处理与分析可以帮助学校调整教学和管理的相关环节或作出一些重要的决策。再例如，人们通过网络来实现飞机、火车、汽车或船票的预订，并在出差之前就完成饭店、住宿的预订，这也得益于网络所提供的信息集中和综合处理功能。

（二）计算机网络的分类

计算机网络按分类方式不同可分为多种类别，下面进行简单的介绍。

1. 按网络覆盖范围分类

计算机网络按照其覆盖的地理范围进行分类，可以很好地反映不同类型网络的技术特征。按照地理范围划分是一种大家都认可的通用网络划分标准，由于网络覆盖的地理范围不同，它们所采用的传输技术也就不同，因而形成了不同的网络技术特点与网络服务功能。

按网络覆盖范围的大小,可以将计算机网络分为个人区域网、局域网、城域网、广域网。

(1) 个人区域网 (Personal Area Network, PAN) 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区域网(Wireless PAN, WPAN),其范围大约在 10 m 左右。

(2) 局域网 (Local Area Network, LAN) 一般用微型计算机或工作站通过高速通信线路相连(速率通常在 10 Mb/s 以上),但地理上则局限在较小的范围(如 1 km 左右)。在局域网发展的初期,一个学校或工厂往往只拥有一个局域网,但现在局域网已非常广泛,一个学校或企业大都拥有许多个互连的局域网(这样的网络常称为校园网或企业网)。

(3) 城域网 (Metropolitan Area Network, MAN) 的作用范围一般是一个城市,可跨越几个街区甚至整个城市,其作用距离约为 5~50 km。城域网可以为一个或几个单位所拥有,但也可以是一种公用设施,用来将多个局域网进行互连。目前,很多城域网采用的是以太网技术,因此城域网有时也常纳入局域网的范围进行讨论。

(4) 广域网 (Wide Area Network, WAN) 的作用范围通常为几十到几千公里,因而有时也称为远程网 (Long Haul Network)。广域网是互联网的核心部分,其任务是通过长距离(如跨越不同的国家)运送主机所发送的数据。连接广域网各结点交换机的链路一般都是高速链路,具有较大的通信容量。

2. 按网络传输技术分类

按网络传输技术来划分,可分为广播式网络和点到点式网络。如图 1-1-4 所示。

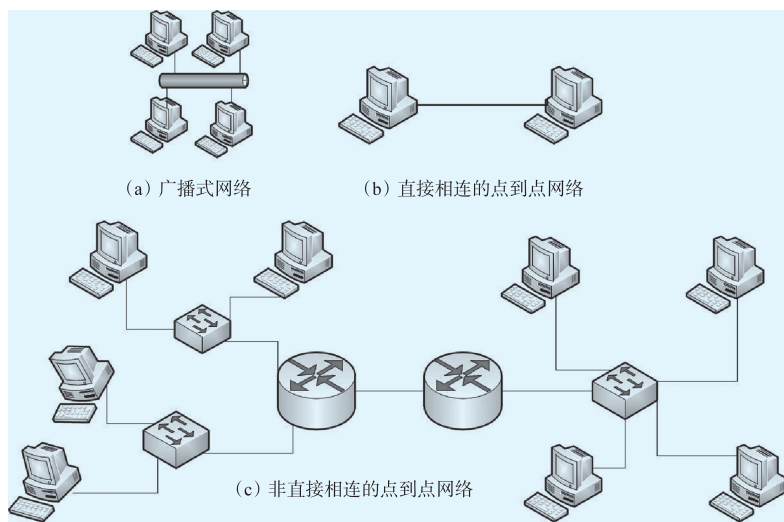


图 1-1-4 广播式和点到点式网络示例

(1) 广播式网络 (Broadcast Networks) 只有一条通信信道,由网络上所有的机器共享。即多个计算机连接到一条通信线路上的不同分支点上,任意一个结点所发出的报文分组被其他所有结点接受。分组或包可以由网络上的任何一台机器发送和接收,指明了该分组的目标接受者和源地址。例如:学校的大喇叭在呼叫某位老师赶快到某间课室,这时学校所有的老师都听到了这个呼叫,但只有张老师会到具体的课室,张老师就是包里面指明的地址段,他接收这一段广播,而这段广播则被其他的老师丢弃了!

(2) 点对点网络 (Point-to-Point Networks) 由许多互相连接的结点构成,在每对机器之间都有一条专用的通信信道,当一台计算机发送数据分组后,它会根据目的地址,经过一系列的中间设备的转发,直至到达目的结点。

点到点网络





3. 按网络传输介质分类

根据传输介质的不同，网络可分为有线网和无线网。

(1) **有线网 (Wired Network)** 是指采用如同轴电缆、双绞线、光纤等物理介质进行传输数据的网络。双绞线是目前最常见的连网方式，它比较经济，且安全方便，容易组网，传输和抗干扰能力一般，广泛应用于局域网中，还可以通过电话线上网。光纤网用光导纤维作为传输介质，光纤传输距离长，传输率高。

(2) **无线网 (Wireless Network)** 是指采用卫星、微波等无线形式来传输数据的网络。无线网特别是无线局域网有很多优点，如易于安装和使用。但无线局域网也有许多不足之处，如它的数据传输率一般比较低，远低于有线局域网；另外无线局域网的误码率也比较高，而且站点之间相互干扰比较厉害。

三、计算机网络体系结构

计算机网络体系结构是人们为了更有效地研究、学习和开发计算机网络所抽象出来的结构模型。本节首先为读者建立起关于计算机网络体系结构的概念，然后介绍两个重要的计算机网络体系结构模型：OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型。

(一) 网络体系结构概述

所谓网络体系就是为了完成计算机间的通信合作，把每台计算机互连的功能划分成明确定义的层次，并规定了同层次进程通信的协议及相邻层之间的接口及服务，将这些同层进程通信的协议以及相邻层的接口统称为网络体系结构。

计算机网络体系结构采用分层配对结构，定义和描述了一组用于计算机及其通信设施之间互连的标准和规范，遵循这组规范可以方便地实现计算机设备之间的通信。实际上，网络体系结构是从功能上来描述计算机网络结构。

1. 计算机网络分层的必要性

为了能够使地理分布不同且功能相对独立的计算机之间实现资源共享，计算机网络系统涉及和需要解决许多问题，包括信号传输与质量、差错控制、寻址、数据交换、拥塞与流量控制、提供用户接口等一系列问题。为降低问题的复杂度，这里引入划分层次的方法，也称分层方法。分层有两个优点。

❁ **问题分解**：分层方法将建造一个网络的问题分解为多个可处理的部分，不必把希望实现的所有功能都集中在一个软件中，而是可以分几层，每一层解决一部分问题。

❁ **模块化设计**：分层方法提供一种更为模块化的设计，如果想要加一些新的服务上去，只需修改一层的功能性，而继续使用其他层提供的功能。

2. 计算机网络的分层模型

将分层方法运用于计算机网络中，就产生了计算机网络的分层模型。图 1-1-5 给出了计算机网络分层模型的示意图，该模型将计算机网络中的每台设备或主机抽象为若干层(layer)，每层实现一种相对独立的功能。

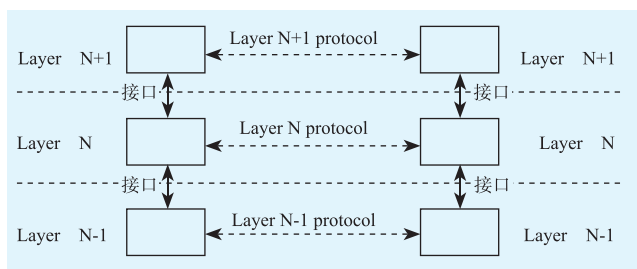


图 1-1-5 网络分层模型的示意图

分层模型涉及下面一些重要的术语。

(1) 信源与信宿。

信源 (source) 指的是在通信过程中数据的发送方；信宿 (destination) 指的是在数据的接收方。计算机网络通信的双向性决定了一个网络中的计算机同时具备信源与信宿的角色。

(2) 实体与对等实体。

在每一层中，用于实现该层功能的活动元素被称为实体 (entity)，包括实现该层功能的所有硬件与软件，如功能电路或板卡、终端、控制软件、协议软件、应用程序、进程等。

对等实体 (peer to peer entity) 指的是相互通信的两个不同结点 (即源结点和目标结点) 上位于同一层次、完成相同功能的实体。

(3) 服务与接口。

服务 (service) 指的是分层模型中的每一层为相邻的上层所提供的功能。N 层使用 N-1 层所提供的服务，向 N+1 层提供更高的服务；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。

接口 (interface) 指的是同一结点内相邻层之间交换信息的连接点，如 N 层向 N+1 层提供的服务通过 N 层和 N+1 层之间的接口来实现。接口定义了下层向其相邻上层提供的服务及原语操作，但服务的实现细节对上层是透明的 (不可见的)。只要接口条件不变、低层功能不变，低层功能的具体实现方法与技术的变化不会影响整个系统的工作。

(4) 网络协议。

网络协议 (protocol) 是计算机网络必不可少的，在网络中包含多种计算机系统，它们的硬件和软件系统各异，要使得它们之间能够相互通信，就必须有一套通信管理机制使通信双方能正确地接收信息，并能理解对方所传输信息的含义。当用户应用程序、文件传输信息包、数据库管理系统和电子邮件等互相通信时，它们必须事先约定一种规则 (如收信息的代码、格式以及如何交换等)，这种规则就称为协议。

一个完整的计算机网络需要有一套复杂的协议集合，组织复杂的计算机网络协议的最好方式就是层次模型。准确地说，协议就是为实现网络中的数据交换而建立的规则标准或约定。网络协议也可简称为协议。网络协议主要由以下 3 个要素组成。

⚙️ **语法：**数据与控制信息的结构或格式。

⚙️ **语义：**需要发出何种控制信息、完成何种动作及做出何种响应。

⚙️ **时序：**事件实现顺序的详细说明。

(5) 协议数据单元。

每一层使用自己层的协议和别的系统的对应层相互通信，协议层的协议在对等层之间交换的信息叫协议数据单元 (Protocol Data Unit, PDU)。图 1-1-6 是网络中所传送数据的各种逻辑组成单元。

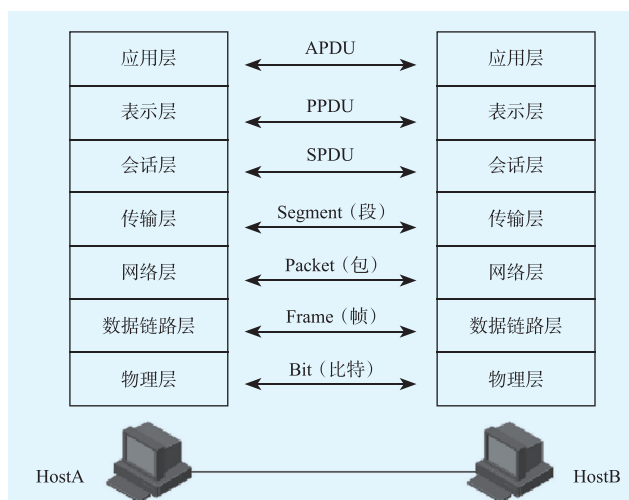


图 1-1-6 协议数据单元

(6) 封装与解封装。

🌀 **封装 (encapsulation)**：数据通过网络进行传输，要从高层一层一层地向下传送，逐层把数据装到一个特殊协议报头中的过程就叫封装。

🌀 **解封装 (decapsulation)**：封装的逆向过程，即从低层一层一层向上传送，逐层去掉特殊协议报头的过程。解封装过程分为去控制信息和数据重组。图 1-1-7 说明的是应用进程的数据在各层之间的传输过程中所经历的变化。

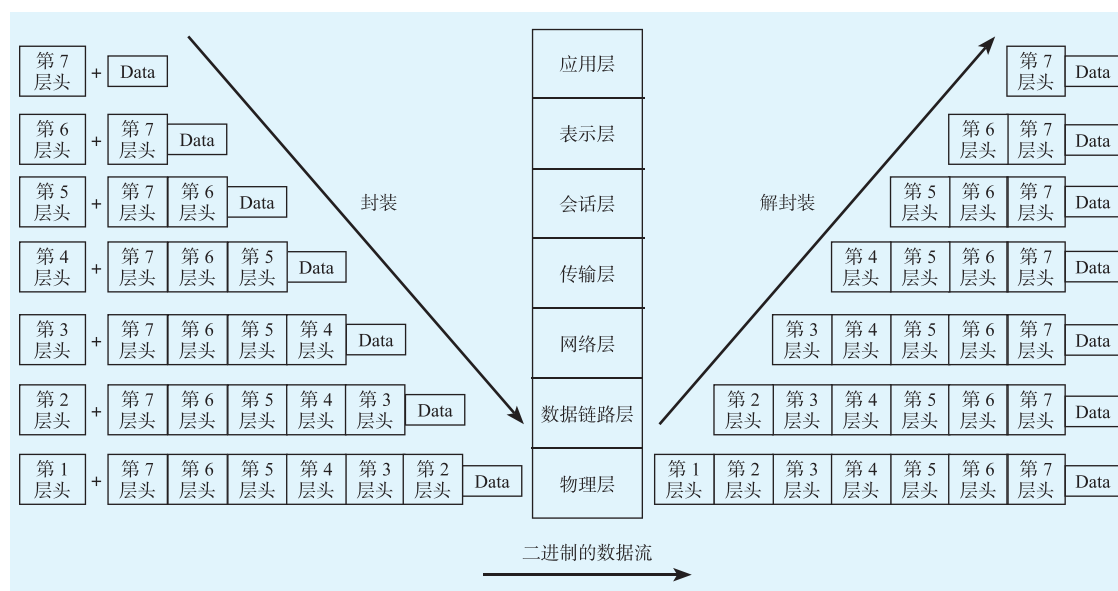


图 1-1-7 封装与解封装

3. 计算机网络体系结构的概念

引入分层模型后，将计算机网络系统中的层、各层中的协议及层次之间的接口的集合称为计算机网络体系结构。它可以有效降低人们学习、研究、开发与实现计算机网络的复杂度。

但是，即使遵循相同的网络分层原则，不同网络组织机构或生产厂商所给出的计算机网络体系结构也不一定是相同的，在分层的数量，各层的名称、内容与功能等方面都可能会产生差异。在计算机网络的发展历史中，曾出现过多种不同的计算机网络体系结构，其中比较

有名的有 IBM 公司于 1974 年提出的 SNA（系统网络体系结构）模型；DEC 公司于 1975 年提出的 DNA（数字网络体系结构）模型等。这些由不同厂商各自提出的专用网络模型在体系机构上差异很大，互不兼容，使得将运用不同厂商产品的网络互联成更大网络的工作变得非常困难。计算机网络体系结构的这种专用性实际上代表了一种垄断与封闭。

在 20 世纪 70 年代末、80 年代初，计算机网络发展面临多方面的问题：计算机网络规模与数量急剧增长；许多不同规格与实现的网络产品之间难以进行互操作；专用的计算机网络体系结构严重阻碍了计算机网络的发展。于是，关于计算机网络体系机构的标准化工作被提上了国际标准化组织的议事日程。

(二) ISO/OSI 参考模型

1. OSI 参考模型的制定

在网络发展的初期，许多计算机厂商、研究机构和公司都大力发展计算机网络。从 ARPANET 出现至今，已经推出了许多商品化的网络系统。这种自行发展的网络，在体系结构上差异很大，以至于它们之间互不相容，难以相互连接构成更大的网络系统。为此，国际标准化组织 ISO（International Standards Organization）在 20 世纪 80 年代提出了开放系统互联参考模型 OSI（Open System Interconnection），如图 1-1-8 所示。这个模型将计算机网络通信协议分为七层。

信息在 OSI 参考模型下的传递过程



图 1-1-8 ISO/OSI 参考模型

2. OSI 参考模型各层的功能

OSI 参考模型中的每一层都是一个模块，用于执行某种主要功能，并具有自己的一套通信协议。以下是各层所要完成的功能。

(1) 物理层。

物理层（Physical Layer）处于 OSI 参考模型的最底层，提供与通信介质的连接，向下直接与物理传输介质相连接，向上相邻且服务于数据链路层，是建立在通信介质基础上的，实现设备之间连接的物理接口，强调的是怎样才能连接各种计算机的传输介质上传输数据的比特流，提供在物理链路上传输非结构的位流以及故障检测指示，不考虑连接时计算机的具体物理设备。

物理接口标准定义了物理层与物理传输介质之间的边界与接口。最常用的物理接口标准有 EIA-232-C、EIA RS-449 与 CCITT X2.1。这些接口主要通过以下几方面的特性进行定义。

机械特性：规定了物理连接时所使用的可接插连接器的形状和尺寸，连接器中引脚的数量、功能、规格、引脚的分布、电缆的长度及所含导线的数目等。

❁ **功能特性**：规定了物理接口上各条信号线的功能分配和确切定义。物理接口信号线一般分为数据线、控制线、定时线和地线。

❁ **规程特性**：定义了信号线进行二进制比特流传输的一组操作过程，包括各信号线的工作规则和时序。

（2）数据链路层。

数据链路层（Data Link Layer）为网络层相邻实体间提供传送数据的功能和过程；提供数据流链路控制；检测和校正物理链路的差错。其主要功能是解决如何在不可靠的物理线路上进行数据的可靠传输的问题。为了保证数据的可靠传输，发送方把用户数据封装成帧（Frame），并按顺序传送各帧。

数据链路层传送数据以帧为单位，规定字符编码、信息格式，约定接收和发送过程，在一帧数据开头和结尾附加特殊二进制编码作为帧界识别符及接收端送回的确帧，保证数据帧传输和接收的正确性，以及发送和接收速度的匹配，流量控制等，从而完成网络中相邻结点之间可靠的数据通信。

由于物理线路的不可靠，因此发送方发出的数据帧有可能在线路上发生出错或丢失（所谓丢失实际上是数据帧的帧头或帧尾出错），从而导致接收方不能正确接收到数据帧。为了保证能让接收方对接收到的数据进行正确性判断，发送方为每个数据块计算出 CRC（循环冗余检验）并加入帧中，这样接收方就可以通过重新计算 CRC 来判断数据接收的正确性。一旦接收方发现接收到的数据有错，则发送方必须重传这一帧数据。然而，相同帧多次传送也可能使接收方收到重复帧。比如，接收方给发送方的确认帧被破坏后，发送方也会重传上一帧，此时接收方就可能接收到重复帧。数据链路层必须解决由于帧的损坏、丢失和重复所带来的问题。

数据链路层的主要功能是为网络层提供连接服务，并在数据链路上传送数据链路协议数据单元 L-PDU，一般将 L-PDU 称为帧，具体包括以下方面。

❁ **帧同步**：接收方应当能从收到的比特流中准确地地区分帧的开始和终止。

❁ **链路管理**：实现对数据链路层连接的建立、维持和释放；提供数据的流量控制，使发送方发送数据的速率接收方来得及接收。

❁ **区分数据和控制信息**：由于数据和控制信息都是在同一信道中传送，而且通常数据和信息处于同一帧中，因此要有相应的措施使接收方能够将它们区分开来。

❁ **检测和校正物理链路产生的差错**：系统能够对错误帧或帧丢失的情况检查和纠正。广泛采用的差错控制方法有两种：一种是前向纠错，一种是检错重发。

❁ **寻址**：保证每一帧被送到正确的地方，接收方也要知道发送方是谁。

❁ **透明传输**：不管所传数据是什么样的比特组合，都应当能够在链路上传送。

（3）网络层。

网络层（Network Layer）的主要目的是为报文分组提供到达目的主机的最佳路径，而网络用户不必关心网络的拓扑结构与所使用的通信介质。网络层传输的信息以报文分组为单位，它来自发送方的报文转换成包，并经路径选择算法确定路径后送往目的地。网络层实现网络上任一结点的数据准确、无差错地传输到其他结点，具体的功能包括以下方面。

❁ **为传输层提供服务**。

❁ **路径选择、中继和多路复用**：网络层可以在传输实体的两个网络地址之间选择一条适当的路径，或者在互连的子网之间选择一条适当的路径和中继，并提供网络连接多路复用的

数据链路连接，以提高数据链路连接的利用率。

⊗ **流量控制**：对整个通信子网内的流量进行控制，以防因通信量过大造成通信子网性能下降。

⊗ **差错检测与恢复**。

(4) 传输层。

传输层 (Transport Layer) 独立于所使用的物理网络，提供传输服务的建立、维护和连接拆除的功能。传输层接收会话层的数据，分成较小的信息单位，再送到网络层，实现传输层间数据的无差错透明传送，其主要功能是完成网络中不同主机上的用户进程之间可靠的数据通信。

传输层可以使源与目标主机之间以点对点的方式简单地连接起来，决定对会话层用户 (最终对网络用户) 提供什么样的服务。在传输层下面的各层中，协议是每台机器与它的直接相邻机器之间的协议，而不是最终的源端机和目标机之间的协议。在它们中间，可能还隔着多个 IMP (交换处理机)。即 1~3 层的协议是点到点的协议，而 4~7 层的协议是端到端的协议。

(5) 会话层。

会话层 (Session Layer) 允许不同机器上的用户之间建立会话关系。会话层提供不同系统间两个进程建立、维护和结束会话连接的功能；提供交叉会话的管理功能，有一路交叉、两路交叉和两路同时会话 3 种数据流方向控制模式。

会话层的目的是提供一个面向应用的连接服务。会话层允许信息同时双向传输，或任一时刻只能单向传输。后者类似于物理信道上的半双工模式，会话层将记录此时该轮到哪一方。数据传送时，可以进行会话的常规数据、加速数据、特权数据和能力数据的传送。会话释放时，允许正常情况下的有序释放；异常情况下由用户发起的异常释放和服务提供者发起的异常释放。

会话层提供了令牌，令牌可以在会话双方之间移动，只有持有令牌的一方可以执行某种关键性操作。另一种会话层的服务是同步。例如：在平均每小时出现一次大故障的网络上，两台机器间要进行一次两小时的文件传输，每一次传输中途失败后，都不得不重新传送这个文件。当网络再次出现大故障时，可能又会半途而废。为了解决这个问题，会话层在数据中插入同步点。每次网络出现故障后，仅仅重传最后一个同步点以后的数据，也就是所谓的断点续传。

(6) 表示层。

表示层 (Presentation Layer) 完成某些特定的功能，对这些功能人们常常希望找到普遍的解决办法，而不必由每个用户自己来实现。表示层的目的是处理信息传送中数据表示的问题。

表示层要完成信息表示格式转换，转换可以在发送前或接收后，也可以要求双方都转换为某标准的数据表示格式。其主要功能是完成被传输数据的解释工作，包括数据转换、数据加密和数据压缩等。表示层服务的一个典型例子是用一种大家一致选定的标准方法对数据进行编码。

表示层协议主要功能有：为用户提供执行会话层服务原语的手段；提供描述负载数据结构的方法；管理当前所需的数据结构集和完成数据的内部与外部格式之间的转换。为了使采用不同数据表示法的计算机之间能够相互通信并交换数据，我们在通信过程中使用抽象的数