



国家开放大学
THE OPEN UNIVERSITY OF CHINA

计算机组网技术

詹静 何泾沙 王立 编

Network



中央广播电视大学出版社



国家开放大学
THE OPEN UNIVERSITY OF CHINA

计算机组网技术

詹 静 何泾沙 王 立 编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组网技术 / 詹静, 何泾沙, 王立编. —北京:
中央广播电视大学出版社, 2013. 12
ISBN 978 - 7 - 304 - 06417 - 4

I. ①计… II. ①詹… ②何… ③王… III. ①计算机
网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 312648 号

版权所有, 翻印必究。

计算机组网技术

JISUANJI ZUWANG JISHU

詹 静 何泾沙 王 立 编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010 - 58840200

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 李永强

责任校对: 张 娜

责任编辑: 王 可

责任印制: 赵联生

印刷: 北京集惠印刷有限责任公司

印数: 0001 ~ 3000

版本: 2013 年 12 月第 1 版

2013 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 13 字数: 297 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 06417 - 4

定价: 24.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前言 | PREFACE

【编写目的】

随着各种网络应用在人们工作和生活中的不断深入，以及云计算、物联网、移动互联网等新兴网络技术的快速发展，作为一种成熟的网络基础设施建设技术，计算机组网技术显得越来越重要，社会对计算机组网技术管理人才的知识学习能力、工程实践能力的综合要求进一步提高，对网络安全人才的需求也在逐步扩大。

计算机组网技术具有知识点多、实践性强的特点。本教材从工程实用性的角度出发，兼顾知识体系的完备性，全面介绍了计算机组网的分析、规划、实施和检验排错各个环节所需要的基本知识，具有一定的应用价值。

【教材特点】

本教材用知识体系层次结构化与工程化案例展示相结合的方法来介绍计算机组网技术，在内容上以计算机网络体系结构分层模型为主线，依次详细说明了当前局域网与广域网中最重要的物理层组网、数据链路层交换和网络层路由技术知识。在此基础上，采用工程案例驱动的方式，对计算机网络组网的常见技术进行重点展示，以帮助读者获取理论联系实际并指导实践的能力。此外，本教材还深入浅出地介绍了现有的网络安全基础技术和重点案例，以适应当前社会对计算机网络安全人才的迫切需要。最后，通过一个中型网络组网案例，全面提升读者综合运用所学知识组网的能力。

本教材每一章开始都设置了学习内容要点、知识学习目标、工程能力目标和本章导言，分别提出本章的具体学习要求、应该达到的知识学习标准和工程能力标准，以及进行章节内容导学。本教材中的每个案例都模拟实际工程，逐步进行完整的需求分析、设备安装、数据链路层和网络层协议配置检验，以及故障排查过程，最后进行任务总结，引导读者深入学习和掌握案例所涉及的知识点，获得计算机组网技术知识能力和工程能力的综合提升。每一章都配有丰富的习题，方便读者进行复习，进一步掌握相关知识技能。

本教材适合作为计算机专业高职、本科生网络课程的教材或参考书，也可供相关领域的

技术人员选作培训或自学教材。

【编者】

本教材由多年从事计算机网络课程教学、具备丰富实践经验的一线教师——北京工业大学詹静、何泾沙和国家开放大学计算机教研室王立共同编写完成。具体编写分工如下：第1章由何泾沙和詹静共同编写，第2章和第3章由詹静编写，第4章由詹静和王立共同编写，第5章由詹静和何泾沙共同编写，第6章由詹静和王立共同编写。其中，教学设计由王立完成。

本教材在编写过程中得到了国家开放大学多位教师的大力支持和帮助，并参考了思科系统（中国）网络技术有限公司和互联网上的网络技术资料与教材，特在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，疏漏与不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正，编者邮箱为 networks_tech@sina.com.cn。

编者

2013年12月于北京

目录 | CONTENTS

第1章 计算机网络基础	1
1.1 计算机网络基础介绍	2
1.1.1 计算机网络的发展与定义	2
1.1.2 计算机网络体系结构	5
1.1.3 计算机网络的分类	10
1.2 计算机网络的组成结构	14
1.2.1 网络硬件	14
1.2.2 网络软件	21
1.3 计算机网络的地址	21
1.3.1 物理地址	21
1.3.2 逻辑地址	22
1.3.3 端口地址	30
1.4 计算机网络的测试与故障排查	33
1.4.1 网络配置查看测试	33
1.4.2 物理地址查看测试	34
1.4.3 连通性测试	35
1.4.4 故障发现测试	36
1.5 双绞线制作实训	37
1.5.1 实训目的	37
1.5.2 实训内容	37
1.5.3 实训要求	37
1.5.4 实训步骤	37
1.6 双机直连实训	38
1.6.1 实训目的	38
1.6.2 实训内容	38
1.6.3 实训要求	39

1.6.4 实训步骤	39
1.7 本章所用命令总结	40
本章小结	41
习 题	41
第2章 组网交换技术	43
2.1 有线局域网概述	44
2.1.1 有线局域网标准简介	44
2.1.2 以太网技术的发展与现状	45
2.2 宿舍小型局域网组网案例	45
2.2.1 任务说明	45
2.2.2 任务总结	56
2.3 交换机技术概述	57
2.3.1 交换机的原理	57
2.3.2 交换机的功能	57
2.3.3 交换机的操作模式	58
2.3.4 其他有用的交换机配置	59
2.3.5 交换机的扩展方式	61
2.4 VLAN 组网案例	62
2.4.1 任务说明	62
2.4.2 任务总结	71
2.5 VLAN 概述	71
2.5.1 VLAN 的背景和优点	71
2.5.2 VLAN 的实现方式	72
2.5.3 VLAN 的分类	73
2.5.4 VLAN 协议与中继技术	74
2.6 广域网交换技术	76
2.6.1 广域网概述	76
2.6.2 广域网交换协议的特点与工作方式	77
2.7 VLAN 中继配置实训	79
2.7.1 实训目的	79
2.7.2 实训内容	79
2.7.3 实训要求	79
2.7.4 实训步骤	79
2.8 本章所用命令总结	80
本章小结	82

习 题	82
第3章 组网路由技术	83
3.1 路由技术概述	84
3.1.1 路由原理	84
3.1.2 路由技术的分类	85
3.2 模拟网络互联案例	86
3.2.1 任务说明	86
3.2.2 任务总结	90
3.3 路由器的组成结构	91
3.3.1 路由器的组成	91
3.3.2 路由器的启动顺序	92
3.3.3 路由器的接口	92
3.4 路由器的基本配置方法	93
3.4.1 操作模式及其配置	93
3.4.2 基本配置	93
3.4.3 路由器其他配置和检验排错方法	95
3.5 静态路由	95
3.5.1 静态路由的原理	95
3.5.2 单条静态路由的配置、检验与排错	96
3.5.3 静态路由的汇总	98
3.5.4 默认静态路由的配置、检验与排错	99
3.6 动态路由协议组网案例	99
3.6.1 任务说明	99
3.6.2 任务总结	105
3.7 动态路由协议	105
3.7.1 动态路由协议的原理	105
3.7.2 动态路由协议的分类与比较	105
3.7.3 动态路由协议的工作方式、特点及配置检验	106
3.8 现有路由技术比较	110
3.9 简单组网实训	111
3.9.1 实训目的	111
3.9.2 实训内容	111
3.9.3 实训要求	111
3.9.4 实训步骤	112
3.10 静态路由实训	112

3.10.1	实训目的	112
3.10.2	实训内容	112
3.10.3	实训要求	113
3.10.4	实训步骤	113
3.11	RIP 路由协议实训	113
3.11.1	实训目的	113
3.11.2	实训内容	113
3.11.3	实训要求	114
3.11.4	实训步骤	114
3.12	本章所用命令总结	114
	本章小结	115
	习题	116

第4章 无线局域网组网技术

4.1	无线局域网概述	118
4.2	无线局域网的架构	120
4.2.1	WLAN 的总体架构	120
4.2.2	WLAN 的组件及工作过程	121
4.3	无线局域网的安全	122
4.4	IEEE 802.11 家庭无线上网案例	123
4.4.1	任务说明	123
4.4.2	任务总结	127
	本章小结	128
	习题	128

第5章 网络安全基础技术

5.1	网络安全概述	130
5.2	路由器远程安全访问配置案例	133
5.2.1	任务说明	133
5.2.2	任务总结	136
5.3	设备安全	136
5.3.1	本地访问认证	136
5.3.2	远程访问认证	139
5.3.3	其他安全设置	142
5.4	内部局域网安全	142
5.5	访问控制列表配置案例	143

5.5.1	任务说明	143
5.5.2	任务总结	146
5.6	网络接入安全	146
5.6.1	防火墙技术概述	146
5.6.2	访问控制列表	150
5.6.3	防火墙的包过滤技术	153
5.6.4	防火墙的状态包过滤技术	154
5.6.5	防火墙的动态包过滤技术	154
5.7	访问控制实训	155
5.7.1	实训目的	155
5.7.2	实训内容	155
5.7.3	实训要求	155
5.7.4	实训步骤	155
5.8	本章所用命令总结	155
	本章小结	156
	习 题	157
第6章	中型网络组网案例分析	158
6.1	网络工程概述	159
6.2	需求分析	159
6.3	网络拓扑结构设计与协议选型	161
6.4	地址编址设计	161
6.5	网络的安全性设计	162
6.6	选型布线	162
6.7	网络设备的安装调试与测试	163
6.8	本章所用命令总结	173
	本章小结	173
	习 题	173
	参考文献	175
附录1	网络模拟器 Packet Tracer 5.3.3 的安装与使用方法	176
1.1	Packet Tracer 模拟器的安装	176
1.2	Packet Tracer 模拟器的使用	179
附录2	中英文对照索引表	192
附录3	部分习题答案	197

第1章 计算机网络基础

学习内容要点

- 计算机网络的发展阶段和定义。
- OSI/RM 和 TCP/IP 网络层次及其区别。
- 计算机网络的分类。
- 计算机网络的组成部分，网络中间设备的分类、具体功能和区别，最常用的传输介质的制作方法。
- 计算机网络中的物理地址、逻辑地址和端口地址的定义与表示方法。
- 子网划分计算、可变长子网划分计算。
- 计算机网络测试与故障排查命令的使用。

知识学习目标

- 掌握 OSI/RM 和 TCP/IP 网络模型的功能层次。
- 掌握计算机网络中间设备的功能层次和相互区别。
- 掌握 IP 地址、子网掩码的计算方法，掌握可变长子网的划分方法。

工程能力目标

- 熟练掌握制作局域网网线的方法，能够区分不同类型网线的做法。
- 熟练掌握简单的计算机网络测试命令，并能够解释命令结果的含义。

本章导言

本章是计算机组网技术的总体介绍，从计算机网络的发展背景入手，全面介绍计算机网络的体系结构、组成部分、基本的网络物理和逻辑概念，以及最常用的网络测试排错方法。

1.1 计算机网络基础介绍

1.1.1 计算机网络的发展与定义

1. 计算机网络的发展

计算机网络从最初进入人们的视野到现在不过 60 多年，然而，随着计算机网络不断向前发展，家居办公（Small Office Home Office, SOHO）、在线学习、网上购物、社交网络等各种网络应用已经深入影响到人们的日常工作和生活。相应地，社会对计算机网络人才的需求和要求也越来越大、越来越高。了解计算机网络的发展史有助于我们理解当今的计算机网络技术。

计算机网络的发展经历了四个阶段，每个阶段互有交叉。

(1) 20 世纪 50 年代中期至 70 年代初：基于大型机（Mainframe）的共享网络阶段。早在 20 世纪 50 年代中期，美国军方就已经基于大型机共享技术研发了半自动化导弹防御（Semi-Automatic Ground Environment, SAGE）系统，用于核攻击预警。这是世界上第一个专用计算机网络，涵盖了美国大陆的 23 个计算中心。受到 SAGE 系统成功的激励，美国航空公司在国际商务机器（International Business Machines, IBM）公司的协助下，基于双 7090 大型机，成功研发了半自动化商务研究环境（Semi-Automated Business Research Environment, SABRE），即第一个大型民用计算机网络，用于商用飞机订票处理，之后，全部升级到 IBM-360 系统。IBM 公司于 60 年代发布的 IBM-360 大型机及其终端系统标志着大型机技术逐渐发展成熟，当时价值 13.3 万美元的 IBM-360 大型机及其一个终端系统如图 1-1 所示。

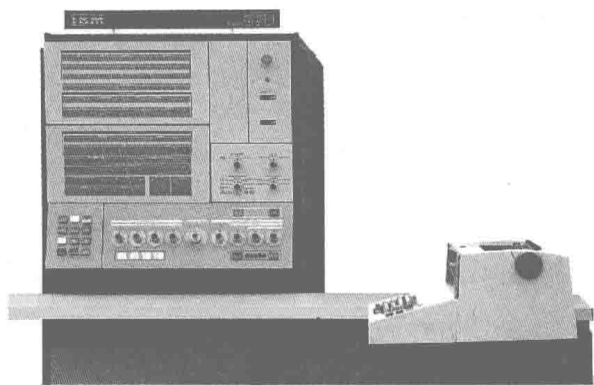


图 1-1 IBM-360 大型机及其终端系统示例

基于大型机的网络是计算机网络的雏形。此时的计算机网络呈星形结构，即多个廉价终端通过私有专线或公用电话通信线路连接到昂贵、笨重的中心主机硬件和软件资源上，以达到多个终端用户共享大型机计算和储存资源的目的，如图 1-2 所示。

虽然基于大型机的共享网络极大地促进了网络应用，但也存在以下两方面问题：

① 使用独立的大型机作为网络的资源共享中心，由于不同厂商生产的大型机无法兼容，

所以不同计算机处理得到的研究成果难以共享；大型机既负责数据处理，又负责各个用户之间的通信，长期处于负荷较高的状态，是整个网络的性能和安全瓶颈。

② 使用类似于电话网的电路交换技术进行网络通信，即在某个用户进行网络通信之前，要先申请一条物理线路占据一定的传输带宽，并且在通信过程中始终占用该线路。但是，由于计算机传输的数据是不连续的，以致在大部分时间内传输线路都是空闲的，造成了资源浪费。

(2) 20世纪60—80年代：分组交换网络阶段。互联网的前身高级研究项目局网络（Advanced Research Projects Agency Network, ARPANET）就是典型的分组交换网。1967年，美国国防部远景研究规划局（Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA）提出增加连接到主机上的接口报文处理机（Interface Message Processor, IMP），这些IMP即专用的网络节点，也就是今天的路由器的前身，从而形成了ARPANET的概念。1969年，ARPANET得以实现，随后形成了如图1-3所示的具有18个网络节点的大规模分组交换网络。

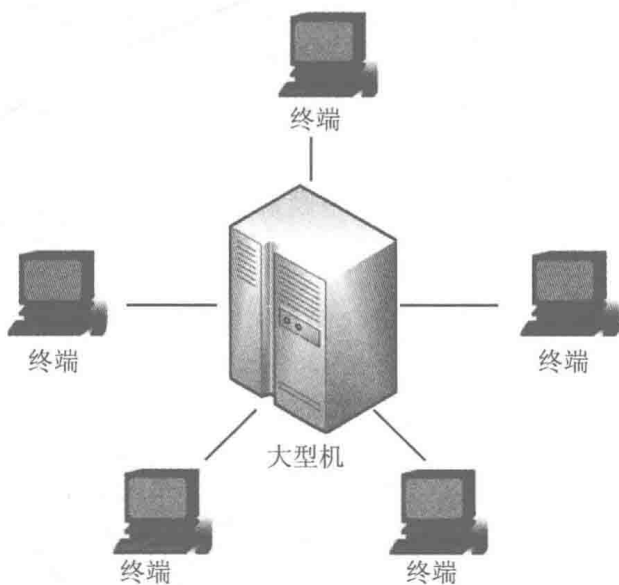


图 1-2 基于大型机的星形网络结构

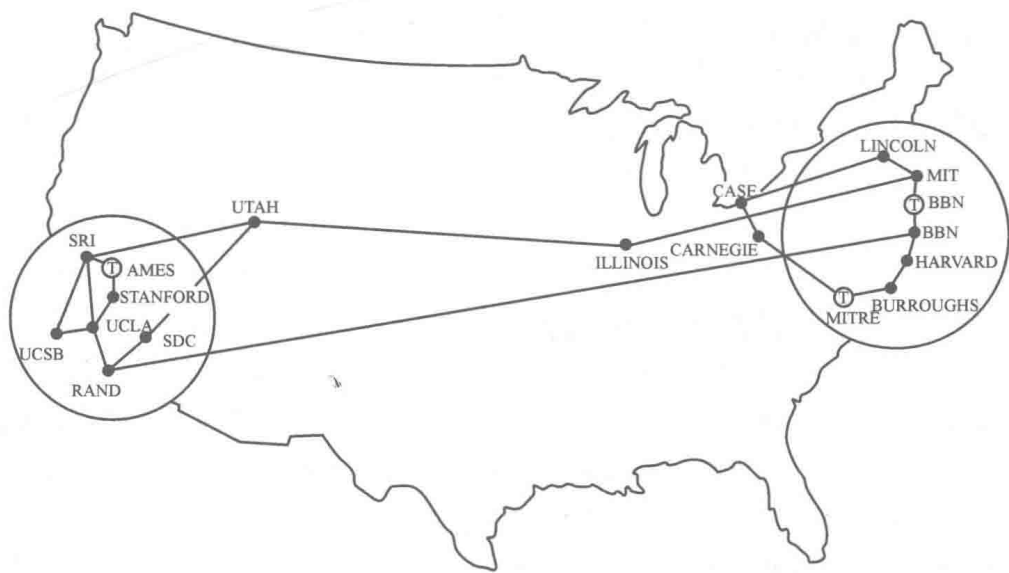


图 1-3 ARPANET 分组交换网络

基于分组交换技术的计算机网络完全以网络为中心，克服了基于大型机的星形共享网络的缺点。分组交换网络中的主机（也称为终端）都处在网络的外围，用户通过通信子网共

享连接到网络上的硬件和软件资源。主机在准备通过分组交换网进行数据通信之前，先将数据划分为等长分组，然后依次发送到网络中；网络中间节点 IMP 把分组放入缓冲器，再按照算法确定分组如何继续发送，即确定合适的路由路径，如图 1-4 所示。

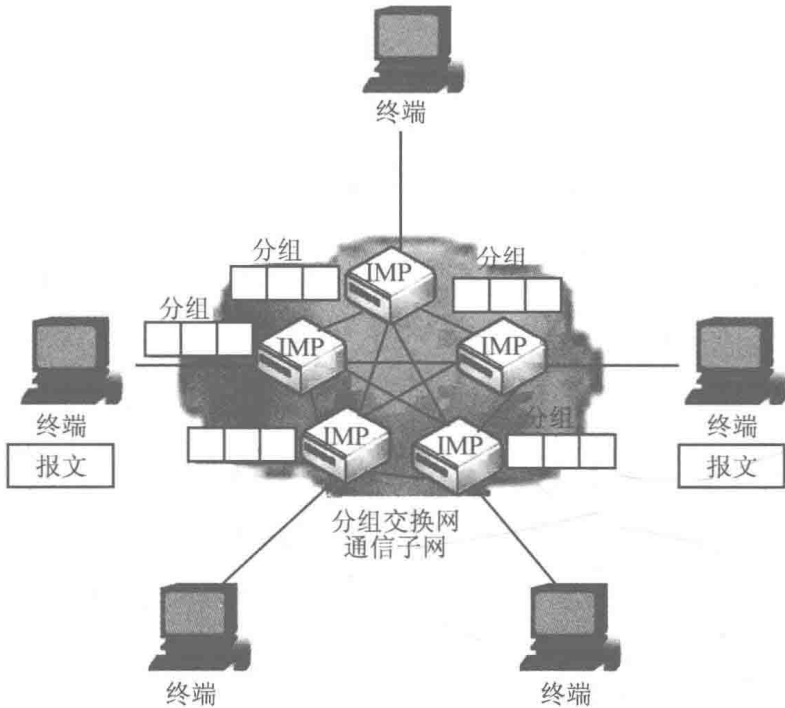


图 1-4 分组交换网络

分组交换技术的优点是增加了网络的可靠性，提高了效率，如果某条通信线路被中断，数据分组还能够使用其他路径到达目的地。

(3) 20 世纪 70—90 年代：标准化互连网络时代。随着网络应用的不断发展，ARPANET 逐渐暴露出不适合跨多网络运行的问题，即不同类型的网络之间无法进行通信和共享。为了解决该问题，计算机网络向层次化、标准化的方向发展，从而导致了为标准协议工作的研究热潮。

在远程网络技术方面，具有多国政府支持的开放系统互连（Open Systems Interconnect, OSI）标准一度被认为将成为正式的网络标准。但由于该标准太过烦琐、进展缓慢，最终没有被实际使用。除此之外，当时市场占有率较高的还有 IBM 公司提出的系统网络架构（Systems Network Architecture, SNA）标准和数据设备公司（Digital Equipment Corporation, DEC）提出的 DECNET（Digital Equipment Corporation NETWORK）标准。但是，由于这两者都是由私有公司提出的，所以未得到广泛认可。1983 年，著名的传输控制协议/互联网协议（Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP）取代了原有的 ARPANET 协议，成为远程网络互连的实际标准。

在本地（Local）网络技术方面，以太网（Ethernet）技术最终被广泛接受为本地网络标准。其他竞争技术包括英国剑桥大学开发的环网技术、IBM 公司开发的令牌环技术和 Data-point 公司开发的附加资源计算机网络（Attached Resource Computer NETWORK, ARCNET）技

术，这些技术都使用“令牌”作为传输数据的标志。1979年，以太网创始人鲍勃·麦特卡夫（Bob Metcalfe）离开美国施乐（Xerox）公司创建了3Com公司，成功获得了当时的IT巨头DEC、英特尔（Intel）公司和施乐公司的支持，使得以太网成为本地网络组网的实际标准。

(4) 20世纪90年代至今：网络全面发展时代。当今计算机网络的发展势头十分迅猛，体现在如下几方面：

① 随着网络技术的发展，近20年来，网络的带宽不断大幅增加，以满足用户的高速率信息传输需求。

② 计算机网络、电信网络和有线电视网络趋向互联互通和业务融合，以便为用户提供数据、语音、图像和视频综合服务。

③ 移动互联网、物联网、云计算等新型网络服务模式不断兴起，以便为用户提供快捷、智能的网络服务。

2. 计算机网络的定义

从计算机网络的发展历史来看，计算机网络的目标一直是资源共享和相互通信。因此，可以将计算机网络定义如下：将地理位置不同、具有独立功能的多个计算机系统通过通信设施相互连接在一起，通过网络操作系统、网络协议软件和网络应用软件等网络软件进行管理，以实现资源共享和相互通信的系统。

可以说，计算机网络由网络内层（也称为网络中间节点集合）的通信子网加上网络外层（也称为网络终端节点集合）的资源子网组成。通信子网为资源子网提供信息传输服务，资源子网上用户之间的通信建立在通信子网的基础上，两者合起来组成了统一的资源共享和相互通信的两层网络。

1.1.2 计算机网络体系结构

1. 网络体系结构模型

网络体系结构模型是对构成计算机网络的各个组成部分之间的关系及所要实现的功能层次的一组精确定义。

网络体系结构模型基于分而治之的思想，将每个计算机的网络功能划分成定义明确的不同层次，每个层次都完成特定的功能，定义不同主机同一层次进程通信的协议，以及同一主机相邻层次之间的接口及服务，协调各个层次，实现整个网络系统所完成的功能。

划分层次结构之后的网络体系结构具有如下优点：每个层次功能的独立性强、可移植性好，并且易于实现和维护，单层修改不影响整个网络体系。

基于分层思想的网络体系结构模型有三个重要组成元素，分别是实体、服务和协议，如图1-5所示。

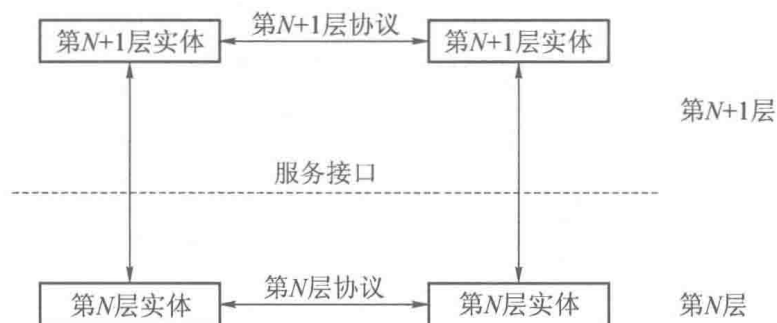


图 1-5 网络体系结构模型中实体、服务和协议之间的关系

(1) 实体。 N 层为实现 N 层功能所需设备（硬件）和协议（软件）的集合，叫作 N 层实体。不同节点之间的 N 层实体叫作 N 层的对等实体。

(2) 服务。 N 层向 $N+1$ 层所提供的一组功能集合，叫作 N 层向 $N+1$ 层所提供的服务。上层获取下层的服务是通过下层提供的接口来获取的。下层向上层提供的服务有两类：面向连接的服务与无连接服务。如果使用面向连接的服务，则实体在数据交换之前，必须先建立连接，在数据交换过程中要维持连接，当数据交换结束后，应终止这个连接，相应层次的资源在整个服务中应保留；如果使用无连接服务，则两个实体在通信之前，不需要先建立连接，因此，其下层的有关资源不需要事先进行预定保留。

(3) 协议。协议是指通信双方在通信时需要遵守的一些规则与约定，包括语法、语义和时序。其中，语法是数据的结构或格式；语义是每一段数据的意义；时序则规定了数据何时发送和发送速度。

2. ISO OSI/RM 七层网络模型

为了解决不同网络系统之间的通信问题，国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）与国际电工委员会（International Electrotechnical Commission, IEC）共同在各个厂家提出的计算机网络体系结构的基础上，提出了开放式系统互联基本参考模型（Open System Interconnection-Basic/Reference Model, OSI/RM）系列标准，即 ISO/IEC 7498 标准，1989 年发布第一版，包括四个子部分，随后修订的第二版增加了第五部分，标准相关部分如表 1-1 所示。

表 1-1 修订的 OSI/RM 系列标准

标准内部编号	标准名称
ISO/IEC 7498 第一部分	基本模型
ISO/IEC 7498 第二部分	安全架构
ISO/IEC 7498 第三部分	命名与地址方案
ISO/IEC 7498 第四部分	管理框架
ISO/IEC 7498 第五部分	多方通信架构

本小节主要介绍 OSI/RM 第一部分——基本模型。该模型定义了 OSI/RM 的七个层次，

如图 1-6 所示。



图 1-6 OSI/RM 七层网络模型

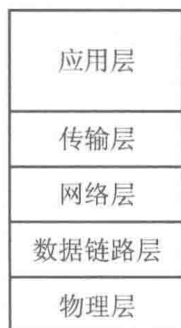


图 1-7 TCP/IP 五层网络模型

各个层次及其功能分别如下：

第一层：物理层，处于 OSI/RM 的最底层，其主要功能是利用物理传输介质为数据链路层提供物理连接，以便透明地传送二进制数据流。

第二层：数据链路层，为网络层提供服务，解决两个相邻节点之间的通信问题，进行无差错传输、流量控制，共享信道访问控制。数据链路层传送的协议数据单元称为数据帧。

第三层：网络层，为传输层提供服务，传送数据包或分组，其主要作用是解决如何使数据包通过各个节点传送、如何控制网络拥塞的问题。

第四层：传输层，从会话层接收数据，并且在必要时把它分成较小的单元，传输给网络层，并确保到达对方的各段信息正确无误。

第五层：会话层，负责建立、管理和终止应用程序之间的会话。

第六层：表示层，处理两个通信系统中交换信息的表示方式，即传输信息的语法和语义。

第七层：应用层，处于 OSI/RM 的最高层，是最终用户的应用程序访问网络服务的地方，负责协调整个网络应用程序的工作。

3. TCP/IP 五层网络模型

TCP/IP 协议簇是一组用于实现网络互联的通信协议簇，其制定早于 OSI/RM 七层网络模型，因此无法与之完全对应。原始的 TCP/IP 协议簇定义了建立在硬件基础上的四个软件层次，分别是网络接口层、网络层、传输层和应用层，最底层的网络接口层之下没有具体内容。

因此一般采取折中的办法，即综合 OSI/RM 模型和 TCP/IP 模型的优点，采用一种五层协议的体系结构，本书统一称之为 TCP/IP 五层网络模型。这五层从下往上依次是物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层，如图 1-7 所示。

TCP/IP 五层网络模型中每一层的主要功能如下：

第一层：物理层，对应 OSI/RM 七层网络模型的物理层，其主要功能是利用物理传输介质为数据链路层提供物理连接支持。

第二层：数据链路层，对应 OSI/RM 七层网络模型的数据链路层，其主要功能是将每个数据包发送给网络层或发送到物理层的网络介质上。