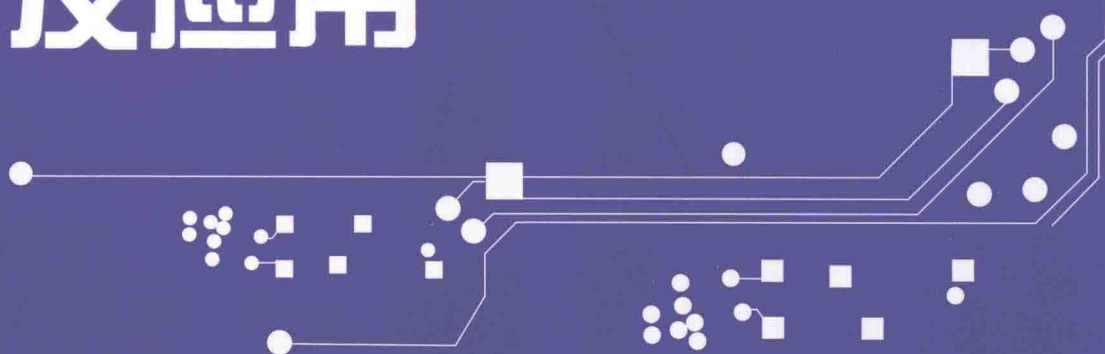


计算机网络原理 及应用

主编 于子凡

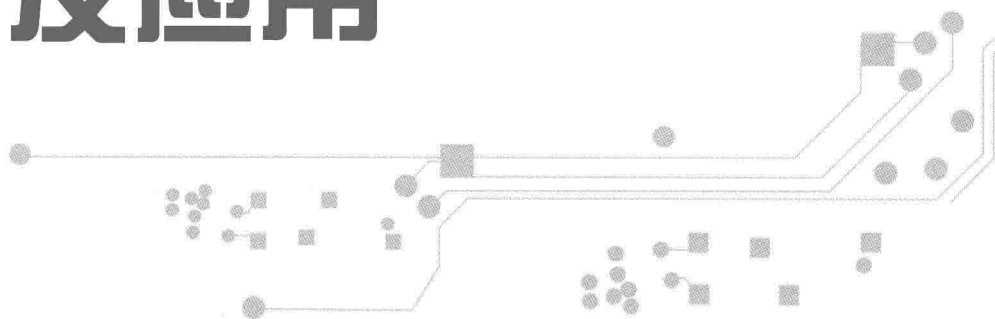


WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

计算机网络原理 及应用

主编 于子凡



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理及应用/于子凡主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2018. 9
ISBN 978-7-307-20514-7

I. 计… II. 于… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 197964 号

责任编辑: 鲍 玲 杨晓露

责任校对: 李孟潇

版式设计: 汪冰滢

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 湖北民政印刷厂

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 20.5 字数: 483 千字 插页: 1

版次: 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-20514-7 定价: 45.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

我们已经进入“互联网+”时代，大量基于手机这种计算机网络智能终端设备的应用的出现，给人们带来了极大的便利，并将继续改变人们的生活方式。计算机网络是这个时代极其重要的工具，计算机网络基本知识、计算机网络应用基本方法是信息学科各个专业拓展专业应用领域、提升专业应用水平的必备知识和技能。对于信息学科各专业的学生而言，学习和掌握计算机网络基本原理和应用方法是十分必要的。

本书的宗旨不是如何建设一个更好的计算机网络，而在于基于现有网络如何应用好这一工具。因此，对于计算机网络知识介绍只涉及网络的基本概念、原理、常用协议的工作机制，并不对它们的细节、优劣做深入细致的分析，目的是把关注的焦点集中在网络应用上。

本书分为计算机网络基本知识和基本应用方法两部分。全书共分为 13 章，第 1~8 章属于计算机网络基本知识部分，第 9~13 章属于计算机网络基本应用方法部分。第 1 章介绍了计算机网络概念，计算机网络发展历史，计算机网络体系结构采用分层结构的原因以及如何分层，最后对互联网做了简要说明。第 2 章介绍了物理层的工作机制以及与物理层相关的通信技术知识和与物理层相连接的有线传输介质相关内容。第 3 章以 PPP 协议为例介绍了数据链路层的概念、工作机制，然后主要介绍了工作在数据链路层的局域网结构、类型和数据在局域网中的传输机制。第 4 章首先介绍了网络互连的概念，数据在互连网络之间的传输机制，以向量距离算法和链路状态算法这两种典型的路由算法为例介绍了在网络拓扑关系图中选择最佳路径的原理和方法。然后，针对网络中需要解决的问题，介绍了无分类编址技术和几种应用于网络层的技术。最后，介绍了在互联网中逐步采用的 IPv6 网络互连协议。第 5 章介绍了传输层的必要性，并着重介绍了 TCP 和 UDP 这两种位于传输层的数据传输工作机制。第 6 章分别介绍了六种工作于应用层的协议或系统的作用、工作机制。第 7 章介绍了网络安全概念和几种网络安全方法。第 8 章主要介绍了广泛应用的无线局域网的结构和工作机制。第 9~10 章内容涉及网页制作基本知识、方法和排版优化技术。第 11 章介绍了建立 Web 网站的基本工具、基本方法和相关技术。第 12 章以一个详细的 Web 网站建设实例展示了建立 Web 网站的全过程及方方面面。第 13 章介绍了 .NET 环境下网络数据传输的相关方法。在附录部分详细介绍了迪杰斯特拉最短路径算法、DES 加密算法的编程思路、实现途径和程序清单。

本书各章后面的作业，既有理论练习题，又有实际编程任务，希望能够帮助读者提升

理论知识和实际动手能力。

本书可作为与信息技术相关非计算机专业的本科生计算机网络课程学习教材。

由于编者水平有限，书中有许多不足和缺憾，敬请读者加以批评、指正！

编 者

2018 年 3 月于武汉大学

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 什么是计算机网络	1
1.2 计算机网络的产生与发展	5
1.3 计算机网络体系结构	8
1.4 互联网概述.....	18
本章作业	22
第 2 章 物理层	25
2.1 物理层概述.....	25
2.2 通信基础知识.....	26
2.3 传输介质.....	32
本章作业	34
第 3 章 数据链路层	36
3.1 基本概念.....	36
3.2 数据链路层功能.....	36
3.3 PPP 协议的帧格式	38
3.4 局域网.....	39
本章作业	49
第 4 章 网络层	52
4.1 网络互连.....	52
4.2 路由.....	67
4.3 无分类编址 CIDR	79
4.4 运用于路由器上的几种技术.....	81
4.5 IPv6 网际互连协议	87
本章作业	90
第 5 章 传输层	96
5.1 传输层概述.....	96

5.2 TCP/IP 体系中的传输层	97
5.3 UDP 协议	98
5.4 TCP 协议	99
本章作业	107
第 6 章 应用层	110
6.1 域名系统(DNS)	110
6.2 文件传输协议 FTP	114
6.3 远程登录协议 Telnet	115
6.4 电子邮件	116
6.5 WWW 与 HTTP	119
6.6 DHCP 协议	121
本章作业	123
第 7 章 网络安全	125
7.1 网络安全概述	125
7.2 防火墙技术	126
7.3 加密技术	130
7.4 报文鉴别技术	138
7.5 身份认证与数字签名	140
本章作业	142
第 8 章 无线网络	144
8.1 无线局域网	144
8.2 无线个人区域网	151
8.3 无线城域网	154
本章作业	154
第 9 章 HTML 知识	156
9.1 HTML 概述	156
9.2 HTML 文档的基本结构	157
9.3 HTML 的标签与属性	158
9.4 几种常用的标签	159
9.5 xhtml 简介	183
本章作业	186
第 10 章 CSS 简介	187
10.1 CSS 概述	187

10.2	DIV 简介	190
10.3	CSS 常用属性	195
	本章作业	212
第 11 章 ASP.NET 简介		213
11.1	ASP.NET 概述	213
11.2	基于 ASP.NET 的网站建设方法	214
11.3	ADO 简介	219
11.4	Ajax 技术简介	220
	本章作业	225
第 12 章 新闻更新网站实例		226
12.1	新闻更新网站系统设计	226
12.2	为网站建立命名空间	227
12.3	建立网站数据库	228
12.4	新闻更新网站首页	230
12.5	查看新闻页面	238
12.6	新闻管理登录	244
12.7	添加新闻页面	249
12.8	删除新闻页面	255
12.9	修改新闻页面	268
	本章作业	272
第 13 章 访问 Internet		273
13.1	Dns 类	273
13.2	WebClient 类	277
13.3	WebRequest 类和 WebResponse 类	280
13.4	进程之间的数据传输	294
	本章作业	302
参考文献		303
附录 1 迪杰斯特拉算法		305
附录 2 DES 加密算法编程实现		312

第1章 概述

本章首先介绍计算机网络的定义，衡量网络优劣的主要性能指标，以及计算机网络学科形成和发展的历史。接着，着重介绍计算机网络体系结构，内容包括：网络分层的好处，网络的分层结构，以五层网络体系为实例介绍各个层次需要完成的基本任务，各个层次之间的相互衔接关系，以及数据在各个层次中的传输过程。最后，介绍目前广泛使用的互联网，包括互联网的发展历程，互联网的结构，互联网各个组成部分的工作方式。

1.1 什么是计算机网络

1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是将地理位置不同、具有独立功能的多个计算机系统，通过通信设备和线路连接起来，以功能完善的网络软件实现资源共享的系统。

简单地说，将几台计算机连接起来，能够相互传输数据，就构成了计算机网络。但还有一些限定词，如独立的、资源共享可以帮助我们进一步理解。我们可以随时上网查询信息，查询到的信息是网络上的其他计算机提供给我们的，这就是计算机与计算机之间实现了资源共享。连在网络上的计算机彼此都是相互独立的。独立是指一台计算机如何使用网络不会影响到其他计算机使用网络，何时上网、何时退出网络，都不会影响别人使用网络；反过来，别人也不会影响到我们。与计算机网络系统独立性可以作对比的是分布式计算机系统。

分布式计算机系统是在分布式计算机操作系统支持下，进行并行计算和分布式数据处理的计算机系统，其要点是各个互连的计算机互相协调工作，共同完成一项任务。

分布式计算机系统计算机是相互联系、协调、有分工的，也就是说不独立的。部分计算机不工作，它们负责的功能就无法实现，整个系统必然受到影响。但分布式计算机系统与计算机网络系统在计算机硬件连接、拓扑结构和通信、控制方式等方面基本一样，都具有通信和资源共享等功能，两者之间的界限越来越模糊。除了需要严格区分的场合，一般人们就把分布式计算机系统看作是计算机网络系统。

1.1.2 计算机的连接方式

网络中的计算机不论性能、价格有多大的差异，在网络中的地位是平等的，都能够提供或索取信息。地位平等还体现在，网络中的任意一台计算机都能够在需要的时候和任意

另一台计算机连接起来。因此，网络中的任意两台计算机都必须有连接通道。
在早期，网络中的计算机数量较少时，可以采用将计算机两两相连的直接连接方式，如图 1-1 所示。

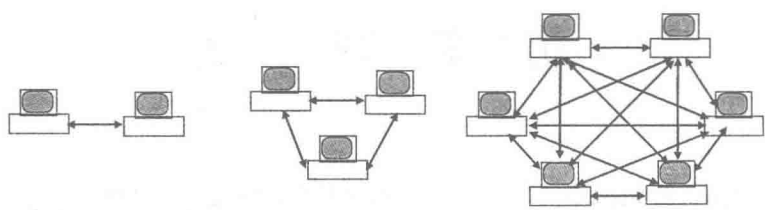


图 1-1 计算机直接连接示意图

需要连线的数量为 $C_n^2 = \frac{1}{2}n \times (n-1)$ 。随着网络规模的扩大，网络中计算机数量越来越多，当 n 较大时，连线数量太多，直连方式难以为继。为此，网络采用交换机(或者具有交换功能的通信设备)连接方式。在当时，交换机连接方法已经广泛应用于电话网络，并非新技术。采用交换机技术构建网络，计算机连在交换机上，任何两台计算机的连通，由交换机根据连接的需要，自动相互连通来完成。交换机连接方式以及与之对应的网络逻辑图如图 1-2 所示，其中右边的逻辑图形象地表示了组成计算机网络的三种主要元素：通信设备、通信链路和计算机。

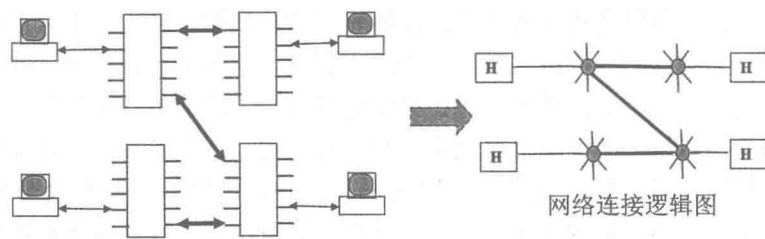


图 1-2 通过交换机连接构成的网络

如图 1-3 所示，在计算机网络逻辑图中，通信设备用圆圈表示，称之为“节点”。连接通信设备的“通信链路”用粗线表示，同一条通信链路连接的两个节点互为“相邻节点”，图 1-2 中的 H 表示与通信设备相连的计算机(或称主机，Host)。在大部分情况下，H 会被省略掉，只剩下一条小短线表示一台连接的计算机。随着网络规模的扩大，结构的变化，这样的小短线不仅连接一台计算机，还可以连接一个属于下一级的子网络。因此，小短线通常理解为连接到交换节点的一个连接。

1.1.3 计算机网络在信息时代的作用

21 世纪是信息时代，体现在数字化、网络化、信息化技术的大量出现。信息时代以网络为物质基础，其中网络又包括电信网络、有线电视网络和计算机网络。电信网络就是

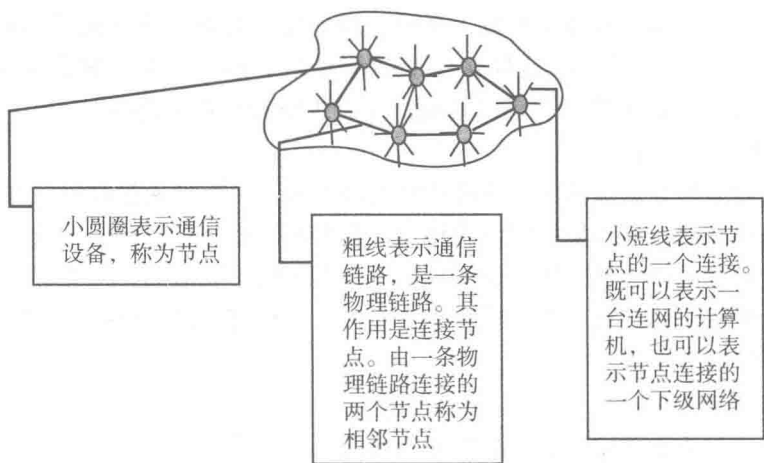


图 1-3 网络逻辑图中各种符号的意义

电话网，在三网中出现最早，主要功能是传送语音信息。有线电视网络传送视频图像、语音。计算机网络出现最晚，主要功能是传送数据。在数字化时代，语音和视频图像都可以用数据来表示，因而计算机网络完全可以取代电信网络和有线电视网络。三网中发展最快、起核心作用的是计算机网络。所谓的三网合一是指将电信网络、有线电视网络合并到计算机网络中来，或者说，用计算机网络技术来实现电信网络和有线电视网络功能。三网合一在技术上已经实现。

计算机网络在信息时代发挥着巨大的作用，我们在生活、工作、学习、交往、娱乐等诸方面已经离不开计算机网络。但计算机网络只是人类创造的众多工具中的一种，当然它是一种潜力巨大的工具。只有学习它、了解它、应用它，这种工具才能为我们发挥出更大的作用。

1.1.4 计算机网络的类别和性能指标

要分类就要首先确定分类标准。如果按照网络的覆盖地理范围来分，计算机网络可以分成局域网、城域网和广域网。局域网的覆盖范围局限于一个单位；城域网的覆盖范围局限于一个城市；广域网的覆盖范围超过城域网。按照不同使用者来分，可以分为公用网和专用网。公用网针对所有大众，任何经过注册的用户都成为合法用户，能够使用该网络。专用网属于一个圈子(企业、公司或某个政府部门)，针对特定人群，只有在圈子范围内的用户能够使用网络。专用网与公用网的重大区别在于 IP 地址性质不同，专用网使用仅在本网络内部能够使用的本地 IP 地址，公用网使用在整个互联网中都认可的全球 IP 地址。

计算机网络作为一个具体的物理系统，可以用各种指标、参数来衡量其性能。常用的性能指标如下：

(1) 数据传输率

数据传输率就是网络在单位时间内传输的比特数量。

这是一个网络传输实时速率参数，反映了某个具体时刻计算机网络的数据传输速度。网络中的各种信息都是用二进制数 0 和 1 的组合来表示，一个二进制数称为一个比特 (bit)，网络传输信息的基本任务就是传输由比特组成的比特字符串。

(2) 最大数据传输率

最大数据传输率是数据传输率所能达到的最大值，是反映通信设备能力的指标。

用客车来作类比，最大数据传输率相当于客车额定载客量，数据传输率相当于客车一次实际运输过程中的载客量。额定载客量是反映客车的一项指标，是固定不变的。而每次的实际载客量是变化的，并不能反映客车的能力。在符合规定的前提下，客车的实际载客量不能超过额定载客量。

(3) 带宽

带宽是通信设备能够传输的最高频率与最低频率的差值。

计算机网络是一种庞大的通信设备，和一般通信设备一样，计算机网络也存在带宽参数，是体现网络性能的一个指标。我们常说的百兆网、吉比特网都是从带宽这一指标来描述网络的。带宽指标之所以重要，是因为在实际应用中，认为带宽和通信设备的最大数据传输率相等，从而直接体现了通信设备的能力。例如，百兆网被认为每秒钟能够传输 100M 比特的数据量，吉比特网被认为每秒钟能够传输 1000M 比特的数据量。因为两者被认为是相等的，带宽和最大数据传输率两个指标就常常被混用，对于设备制造者而言，偏重于带宽，对用户而言，偏重于最大数据传输率。

(4) 吞吐量

吞吐量是指对网络、设备、端口、虚电路或其他设施，单位时间内成功地传送数据的数量(可以用比特、字节、分组等多种数据计量单位进行测量)。

(5) 时延

时延是指数据从源端到目的端所需要的时间，包括发送、传播、处理、排队时延，即

$$\text{时延} = \text{发送时延} + \text{传播时延} + \text{处理时延} + \text{排队时延}$$

计算机网络以数据帧为数据传输单位，通过设备端口发送和接收数据。一个数据帧是一个二进制数据队列，数据帧的数据传输是以队列中每一个比特依次传输的方式进行的。

发送时延是数据帧从第一个比特到最后一个比特出端口所需要的时间。

传播时延是数据帧最后一个比特从离开发送端口到进入接收端口所需要的时间，是数据在传输介质中所花的时间。

一个数据单元被一个节点发往下一个节点之前，需要进行数据检查、路由选择等多种操作，这些操作所需时间就是处理时延。

如果一个节点中需要处理的数据单元有多个，就必须排队等待。一个数据单元从加入排队队列到开始得到处理所需要的时间就是排队时延。

(6) 时延带宽积

时延带宽积，即通道所能容纳的比特数，是衡量网络数据传输综合能力的指标。

(7) 往返时间

往返时间是指从源主机传输到目的主机再传回源主机所需要的时间。一般被认为是两

倍的时延。

(8) 利用率

利用率是指网络被利用的时间，包括信道利用率和网络利用率。

(9) 抖动

抖动就是延迟时间变化量。

由于网络的状态随时都在变化，有时候流量大，有时候流量小。当流量大的时候，许多数据包就必须在节点的队列中等待被传送，因此每个数据包从传送端到目的地端的时间不一定会相同，而这个不同的差异就是抖动。抖动越大，表示网络越不稳定。

(10) 网络丢包率

网络丢包率是数据包丢失部分与所传数据包总数的比值。

数据在网络中是被分成一个个数据包传输的，每个数据包中有表示数据信息和提供数据路由的信息字段。而数据包在传播时总有一小部分由于各种原因而丢失，而大部分数据包会到达目的终端。

1.2 计算机网络的产生与发展

计算机网络的发展可分为四个阶段：①网络的萌芽阶段，计算机技术与通信技术相结合，形成计算机网络的雏形。②网络形成阶段，不仅出现了实际的网络，还形成了完整的计算机网络技术理论体系，从而形成了计算机网络学科。③网络的标准化阶段，为了在更大范围内实现资源共享，必须将各种网络互连起来；为了实现多个网络的互联互通，每个网络都必须用同一个标准来建设。该阶段的主要标志就是提出了建设网络的标准模型，网络的建设都依照标准模型进行。④网络的大发展阶段，计算机网络向互联、高速、智能化方向发展，并获得广泛应用。我们目前正处在这个阶段。

1. 第一阶段：计算机网络雏形

早期的计算机十分昂贵，数量很少，计算机系统通常是由一台主机带多台终端(如图 1-4 所示)，多个用户在终端上以共享的方式共同使用一台计算机主机。终端由主机完全控制，不同终端之间可以通过主机形成信息交流。从物理结构上来看，图中的主机与现代计算机网络中的节点十分相似。但终端没有 CPU，不具备处理功能，不是智能设备，不

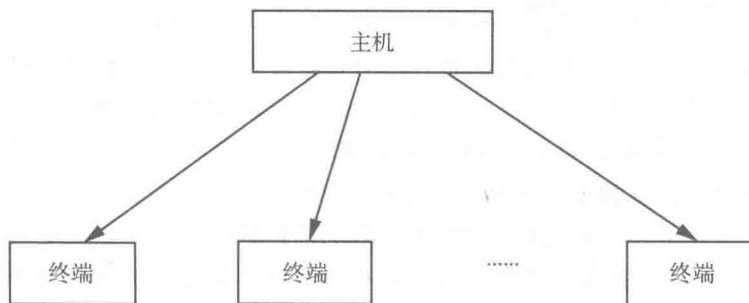


图 1-4 早期计算机系统物理结构

符合计算机网络的定义，只能说是网络的雏形。

主机一般放在恒温恒湿无尘的主机室内，终端放在一个或几个计算机教室或操作间中。终端是用户输入输出接口，通常是一台显示器和一个键盘。所有的用户通过终端共同使用一台计算机。主机负责接收终端输入的用户指令，运算，返回运算结果。主机还要负责运算和通信工作，以及管理系统所带的磁带存储机、打印机等附属设备。和运算相比，通信工作效率极低。这是因为通信是双方的事情，需要双方都做好了准备才能进行，如果一方还未做好准备，另一方必须等待。相对而言，数据实际传输时间很短，等待时间很长，通信机制中必不可少的等待是降低通信效率的主因。频繁的等待会对主机宝贵的 CPU 时间资源造成极大的浪费。

为了避免主机 CPU 时间资源的浪费，采用了一台主机+一台辅机+多台终端的计算机系统结构，如图 1-5 所示。

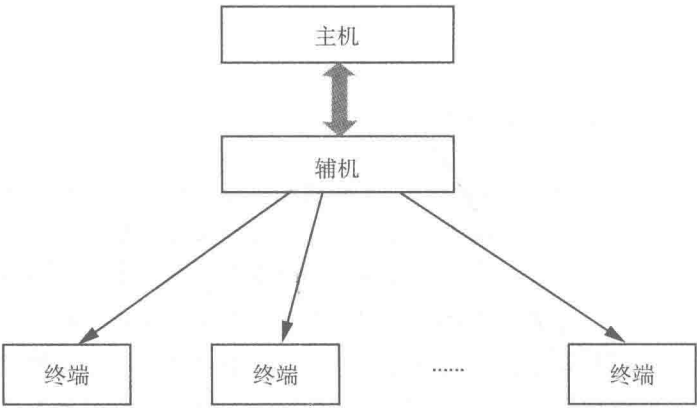


图 1-5 主机加辅机的计算机系统物理结构

辅机是低档计算机，负责收集和分发各个终端的数据，定期与主机通信，交换数据，其作用是大幅度减少了主机等待时间，节省主机 CPU 时间资源。其意义在于出现了计算机(主机)与计算机(辅机)之间的连接与通信技术。

既然解决了主机和辅机的通信技术问题，不同计算机系统之间也能够实现数据交换。于是，出现了如图 1-6 所示的连接方式，该图就是世界上第一个正式的网络——美国的 ARPAnet。最早的 ARPAnet 只有四个节点，每个节点由一个计算机系统组成，节点之间彼此相距几百甚至上千千米。要说明的是，ARPAnet 中的节点是一台计算机，连接的是若干终端，而现在所说的网络节点是一台通信设备，连接的是若干计算机。ARPAnet 的出现，标志着计算机网络发展到了计算机网络形成阶段。

2. 第二阶段：计算机网络形成

美国军方 1969 年开始发展的 ARPAnet 最初用于军事目的，主要是为了在战争环境下，保持通信的畅通，但结果颇为丰富。ARPAnet 不仅实现了战争环境下通信畅通的初衷，还实现了电子邮件(E-mail)、文件传输(FTP)、远程登录(Telnet)等现有互联网的基本功能，成为互联网的雏形。保持通信畅通的基本要求是线路中断不能导致通信中断，甚

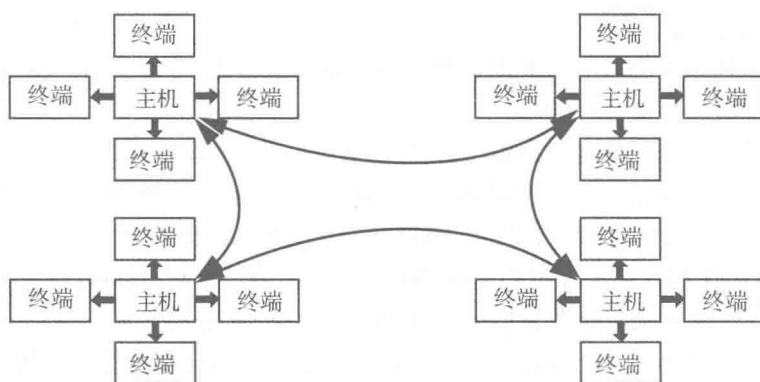


图 1-6 利用计算机之间的连接与通信技术将不同的计算机系统连接起来

至通信双方都不会感觉到线路出现了中断，这是电信网不能做到的。电话因故中断后，通信立即中断，需要通过重新拨号建立连接，这样一来，中断的时间就太长了。因此，当时的电信系统不能满足美国军方的要求。

ARPAnet 是计算机网络技术发展的一个重要的里程碑，它不仅建立了一个真实的计算机网络，还对计算机网络理论体系的形成作出了贡献。主要表现在以下几方面：①完成了对计算机网络的定义、分类；②提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念；③研究了报文分组交换的数据交换方法；④采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

随着 ARPAnet 研究成果的公布，各大计算机公司、研究机构开始研究网络技术，建设自己的计算机网络。例如，美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OCTOPUS 网、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES 网、国际气象监测网 WWW、欧洲情报网 EIN 等，同时还出现了一些研究试验性网络、公共服务网络、校园网以及网络协议等研究成果。这一阶段的特点是遍地开花，各自为政，即出现了很多网络，但是网络之间采用的结构、技术、协议等各不相同，无法互连。

与美国军方网络的目的不同，民用网络的建设目的是资源共享，即能够方便、快捷地从其他计算机获得所需要的信息。但不同网络系统之间的差异，导致了网络互连的困难，阻碍了更大范围内的资源共享。为了将各个独立的网络互连起来，必须建立一套标准，各个计算机网络都按照同一标准进行建设。

3. 第三阶段：开放式标准化网络

国际标准化组织 ISO 于 1977 年成立了专门机构，正式制订并颁布了“开放系统互连基本参考模型”(OSI/RM, Open System Interconnection /Reference Model)。20 世纪 80 年代，ISO 与 CCITT 等组织又为该参考模型的各个层次制订了一系列的协议标准，组成了一个庞大的 OSI 基本协议集。而首先应用在 ARPAnet 上的 TCP/IP 协议经过不断地改进与规范化，目前广泛应用在互联网上，成为事实上的工业标准。这样就出现了两个标准。经过一段时间的竞争，TCP/IP 模型在全球得到了广泛的应用，OSI 在网络理论的学习和研究中

也得到了应用。

4. 第四阶段：互联网时代

美国政府看到计算机网络巨大的应用前景，决定由军用转为民用，将 ARPAnet 技术转交给国家科学基金委员会 (NSF)。

美国国家科学基金委员会在 ARPAnet 的基础上，于 1986 年开始建设基于 TCP/IP 协议的 NSFnet。它的目的是发展实现信息共享的技术，属于民用性质，主要由科研与教育部门研究、应用，技术不保密，这极大地推广了网络技术的发展。

20 世纪 90 年代初，美国政府和美国国家科学基金委员会把 NSFnet 转交给美国三家最大的电信公司，三家共同组建非营利组织 ANS，在 NSFnet 基础上建立 ANSnet，目的是把成熟技术实用化、商业化。这促使网络技术走出象牙塔，走向社会各个领域。现有的互联网是各种网络与 ANSnet 互连形成的。

目前正在研制新一代互联网，特点是速度有极大的提高，应用极其方便和广泛，IP 地址由 32 位变成 128 位，地址空间几乎无限。

1.3 计算机网络体系结构

1.3.1 计算机网络体系结构的概念

在说明网络体系结构相关概念之前，我们来看看现代邮政系统。

现代邮政系统也是进行信息传输的系统，不过信息的载体是纸质的信件。在没有邮政系统的时代，信息传输的方式一般是鸿雁传书、找到合适的人捎口信，所以完成一次信息传输十分麻烦，并且时效性、可靠性都不高。现代邮政系统的建立，使信件传输问题十分简单。对于普通用户而言，只需要做到写上正确地址，贴足邮票，找到邮筒投入。这种简单来源于庞大的现代邮政系统的支持。现代邮政系统如图 1-7 所示。

现代邮政系统分成了三个层次（又可以称为子系统或独立实体），每个实体只与在异地同层次的实体以及本地上下层相邻实体打交道。为了完成信息传输，在异地同层实体以及本地上下层相邻实体之间都需要设置约定（协议），每个实体只需要按照约定（协议）完成自己的工作，因此每个实体的任务都很简单。以用户子系统为例，同层次方面，信件收发双方需要采用双方都认识的文字或者事先约定的密语、暗号；在上下层方面，用户要满足邮政局的要求，采用标准信封，以正确的格式书写邮政编码、地址和收信人，贴足邮票，将信件投入邮筒。

现代邮政系统给我们如下启示：

①异地的两个系统分层划分必须一致，双方存在对等的、可以交往的实体。

②不论是在异地同层还是在本地上下层之间，信息交流都是双方的事，必须在信息交流的两个实体之间建立必要的约定、规范（协议），以保证双方不产生歧义。

③实体的工作之所以变得简单，是因为只与本地上下层实体，以及对方的同层实体存在信息交流（例如写信人不必和运输部门打交道，不必知道信件是如何传递的），只要按照实体之间的约定完成该做的工作。

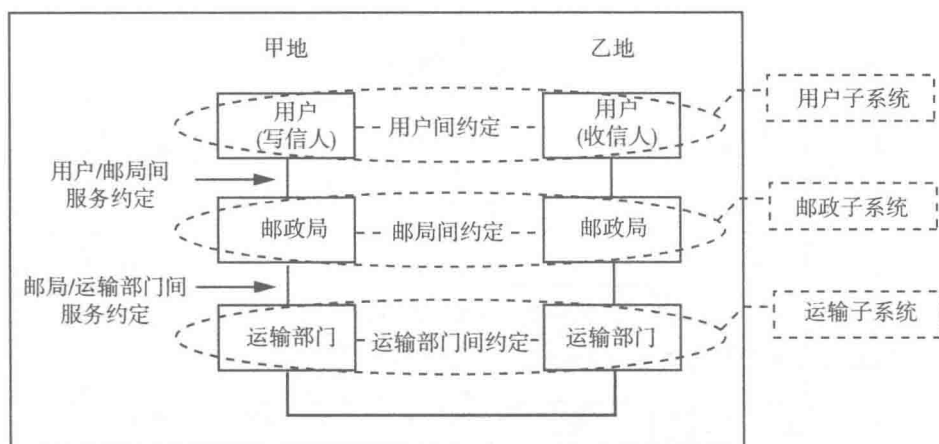


图 1-7 现代邮政系统分层结构

④同层交流是双向的，甲乙两地的用户都可以给对方写信，也都可以接受对方的来信；上下层之间的交流不是双向的，只有用户去找邮局，邮局不会来找用户。

⑤下层为上层服务，下层为上层提供了服务接口，确定了规范要求（约定）；上层在服务接口处满足了下层的要求，才能得到下层的服

务。计算机网络系统借鉴了现代邮政系统的思想，将整个复杂的系统以分层的方式划分成若干个相对简单的子系统（独立实体），每一个独立实体都有各自的功能，完成各自的任务；每一个实体只与对方的同层实体以及本方的上下层实体打交道；相应地，在异地同层实体之间，以及本地上下层实体之间需要做相应的约定。图 1-8 所示就是 ISO 提出的计算机网络系统分层结构。

计算机网络体系结构一方面描述了计算机网络系统层次的划分，并精确定义了系统各个层次需要完成的功能；另一方面在同一系统上下相邻层次实体之间和不同系统同一层次实体之间确定了双方通信所需要的协议，构成与层次划分结构相适应的一个协议集。

1.3.2 网络分层

将网络系统划分成多个层次实际上是将一个完整的、复杂的系统划分成多个相对简单的容易实现的子系统。同时，层次划分子系统方法将网络系统要实现的功能转化成若干个步骤需要完成的子功能，每个子系统都完成其中一个步骤对应的子功能。这样的分层具有以下优点：

①各层之间是独立的。整个系统划分成几个相对独立的层次，实现了复杂系统模块化。只要层次之间的接口关系满足公共协议要求，每个独立实体内部可以采用自己想用的任何方法完成本实体的任务，实现本层次的功能。这样，整个系统的复杂程度就下降了，系统的建立也简化了。

②灵活性好。任何一层发生改变，只要不破坏原有接口处的连接关系，就不会影响整个系统。因此，在满足协议接口关系的前提下，可以采用新技术、新方法、新工艺对每个