

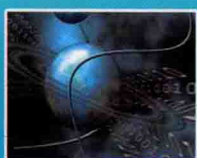
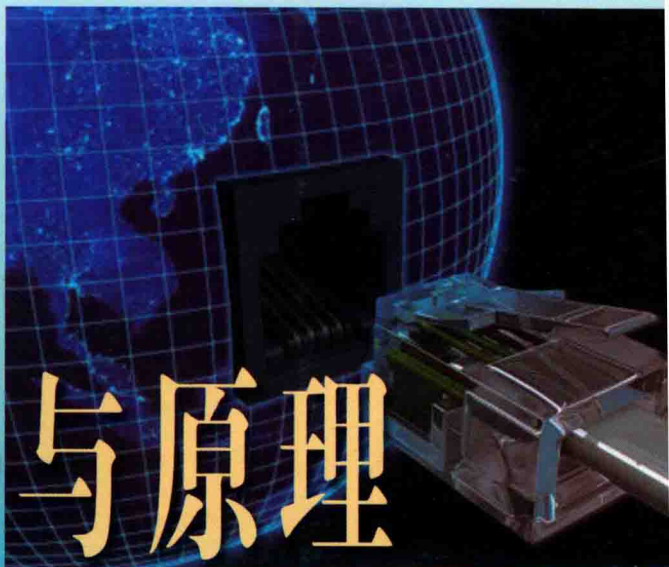


军队“2110”工程重点建设项目

HULIAN SHEBEI

单 洪 主 编

# 网络 互联设备与原理



解放军出版社

京 登 字 第 111 号

编 审 人 员

# 网络互联设备与原理

主 审 孙 乐 昌 李 德 东  
主 编 单 洪

常州大学图书馆  
藏书章

解 放 军 出 版 社

京新登字 117 号

网络互联设备与原理

单 洪 主 编

书 名：网络互联设备与原理

---

主 编：单 洪

责任编辑：秦宇忠

出版发行：解放军出版社

社 址：北京市西城区地安门西大街 40 号 邮政编码：100035

印 刷：电子工程学院印刷厂

开 本：787 毫米×1092 毫米 1/16

字 数：464 千

印 张：19.25

版 次：2010 年 10 月 第 1 版

印 次：2010 年 10 月（合肥）第 1 次印刷

统一书号：55065·7048

（如有印装错误，请与本社调换）

解放军出版社

# 编 审 人 员

主 编 单 洪

参加编写 汪永益 李 强 顾正海 袁 泉

贾 波 马 涛

主 审 孙乐昌 齐望东

## 前 言

随着信息技术的飞速发展和广泛应用，网络技术已成为经济社会发展的强大动力，计算机网络的重要性、普及性受到了人们的广泛关注。网络系统的设计、建设、管理和维护等工作成为当今社会需求最大、最热门的职业，计算机网络的知识和技能已成为人们从事各项工作的基本要求。

互连网络比没有分段的局域网要复杂得多，它包括从为了提高效率而分段的办公局域网到世界范围的因特网(Internet)。本地的互连网络连接两个或更多地理上相邻的局域网，例如一幢办公大楼里的所有局域网。广域互连网络则连接地理距离较远的网络，例如位于两个城市的网络。企业级的广域互连网络可能包含数个位于不同省或国家的局域网和广域网。这些网络虽然有许多不同之处。但是，其工作的基本原理是完全一致的。本书主要介绍各种网络互连设备和原理以及采用这些设备进行网络管理和网络设计的方法。本书包括三大部分内容：计算机网络和网络互连设备的概念、各类网络互连设备及原理、网络管理和网络规划与设计。

计算机网络和网络互连设备的概念部分主要包括计算机网络的基本概念、ISP和Internet骨干网、协议分层及其服务模型、网络互连的概念以及网络中典型网络互连设备的特点等；各类网络互连设备及原理部分是教材的主体，主要包括：中继器/集线器、网桥/交换机、虚拟局域网、路由器以及无线网络的原理和相关设备；网络管理和网络规划与设计部分主要包括网络管理的概念、SNMP协议及相关概念、网络管理软件OpenView、各种网络设备的功能比较、网络互连设备在网络规划与设计中的应用等。

参加本书编写工作的有单洪、李强、顾正海、袁泉、贾波、汪永益、马涛等同志，全书由单洪主编并统稿。本书编写过程中得到解放



# 目 录

<b>第 1 章 计算机网络概述</b> .....	(1)
1.1 计算机网络的基本概念 .....	(1)
1.1.1 计算机网络概念 .....	(1)
1.1.2 计算机网络的软件和硬件 .....	(2)
1.1.3 计算机网络的功能 .....	(3)
1.2 网络边缘 .....	(4)
1.2.1 端系统、客户机和服务器 .....	(4)
1.2.2 无连接服务和面向连接服务 .....	(5)
1.3 网络核心 .....	(6)
1.3.1 电路交换和分组交换 .....	(7)
1.3.2 分组交换网络 .....	(11)
1.4 接入网 .....	(13)
1.4.1 住宅接入和公司接入 .....	(13)
1.4.2 无线接入 .....	(16)
1.5 ISP 和 Internet 骨干 .....	(17)
1.6 协议分层及其服务模型 .....	(21)
1.6.1 协议及网络体系结构 .....	(21)
1.6.2 因特网协议栈 .....	(23)
1.6.3 分层、报文、报文段、数据报和帧 .....	(24)
1.7 小结 .....	(25)
<b>第 2 章 网络互联技术</b> .....	(27)
2.1 网络的互连、互通、互操作 .....	(27)
2.1.1 网络的互连 .....	(27)
2.1.2 网络的互通 .....	(28)
2.1.3 互操作 .....	(29)
2.2 网络互联 .....	(30)
2.2.1 网络的不同之处 .....	(31)
2.2.2 网络连接方式 .....	(32)
2.2.3 级联虚电路 .....	(34)
2.2.4 无连接的网络互联 .....	(35)
2.2.5 隧道技术 .....	(36)
2.2.6 互连网路由 .....	(37)
2.2.7 分段 .....	(38)

2.3	网络互联设备在计算机网络中的作用	(41)
2.4	网络互联设备的分类	(43)
2.5	小结	(45)
<b>第3章</b>	<b>中继器与集线器</b>	<b>(47)</b>
3.1	网络传输媒体	(47)
3.1.1	同轴电缆及有关设备	(47)
3.1.2	双绞线	(49)
3.1.3	光纤	(50)
3.1.4	无线媒体	(54)
3.2	网络适配器通信	(58)
3.3	中继器	(60)
3.3.1	中继器概念	(60)
3.3.2	中继器的工作方式	(61)
3.3.3	以太网中继器	(62)
3.3.4	令牌环网中继器	(64)
3.4	集线器	(65)
3.4.1	集线器与结构化布线	(65)
3.4.2	智能集线器结构	(68)
3.4.3	集线器应用举例	(73)
3.5	小结	(74)
<b>第4章</b>	<b>网桥与交换机</b>	<b>(76)</b>
4.1	网桥概述	(76)
4.2	网桥工作原理	(77)
4.2.1	网桥的工作过程	(77)
4.2.2	网桥的功能	(78)
4.3	网桥类型	(79)
4.3.1	透明网桥	(79)
4.3.2	源路由选择网桥	(89)
4.3.3	两种网桥的比较	(94)
4.4	以太网交换机	(95)
4.4.1	交换机概述	(95)
4.4.2	交换机的工作原理与种类	(96)
4.4.3	简单的以太网交换机 Catalyst 1900	(98)
4.4.4	交换机端口配置	(99)
4.5	小结	(104)
<b>第5章</b>	<b>虚拟局域网</b>	<b>(106)</b>
5.1	虚拟局域网概述	(106)
5.2	虚拟局域网的成员资格	(112)
5.2.1	定义 VLAN 成员资格	(112)

5.2.2	VLAN 配置和 VLAN 信息识别	(115)
5.3	VLAN 中继协议 VTP	(116)
5.4	虚拟局域网的配置与实现	(121)
5.4.1	VTP 配置	(122)
5.4.2	VLAN 的管理和端口的添加	(124)
5.5	虚拟局域网和 ATM	(127)
5.6	虚拟局域网与动态主机配置协议	(131)
5.7	小结	(131)
<b>第 6 章</b>	<b>路由器及其原理</b>	<b>(133)</b>
6.1	路由器的基本概念	(133)
6.1.1	路由器的基本功能	(133)
6.1.2	路由表	(134)
6.2	路由选择	(136)
6.2.1	路由的度量	(136)
6.2.2	路由算法	(137)
6.3	路由器结构与工作原理	(139)
6.3.1	路由器结构	(139)
6.3.2	路由器工作原理	(140)
6.4	第三层交换机	(141)
6.4.1	三层交换原理	(141)
6.4.2	第三层交换技术分类	(142)
6.4.3	第三层交换机种类	(143)
6.4.4	第三层交换机的优势	(145)
6.4.5	三层交换机和路由器之间的区别	(145)
6.4.6	第三层交换机应用实例	(146)
6.5	IP 路由	(148)
6.5.1	IP 地址	(148)
6.5.2	地址解析	(149)
6.5.3	IP 分组交付	(152)
6.5.4	IP 路由实例	(152)
6.6	访问控制列表	(156)
6.7	小结	(158)
<b>第 7 章</b>	<b>路由表协议</b>	<b>(159)</b>
7.1	路由算法和协议	(159)
7.1.1	静态路由和动态路由	(159)
7.1.2	路由协议的实现算法	(160)
7.2	基于路由器的网络结构	(165)
7.3	RIP 协议	(166)
7.3.1	RIP 协议的报文格式	(167)

7.3.2	RIP 协议的路由表 .....	(168)
7.3.3	RIP 协议的工作过程与特点 .....	(169)
7.3.4	RIP 路由选择协议的配置 .....	(171)
7.4	OSPF 协议 .....	(174)
7.4.1	网络层次结构的划分 .....	(175)
7.4.2	链路状态公告和毗邻关系 .....	(176)
7.4.3	OSPF 的基本算法和协议报文 .....	(177)
7.4.4	OSPF 协议基本配置与查看 .....	(180)
7.5	自治系统与外部网关协议 .....	(183)
7.5.1	自治系统 .....	(183)
7.5.2	内部网关协议和外部网关协议 .....	(183)
7.5.3	BGP 外部网关协议的基本思想 .....	(183)
7.5.4	BGP 路由选择协议的工作过程 .....	(185)
7.6	其它路由和传输协议 .....	(186)
7.6.1	无类别域间路由 .....	(186)
7.6.2	IGRP 协议 .....	(187)
7.6.3	网络地址转换 NAT 及其实现 .....	(189)
7.7	小结 .....	(191)
<b>第 8 章</b>	<b>无线网络及其互联</b> .....	<b>(193)</b>
8.1	无线网络元素和无线链路特性 .....	(193)
8.1.1	无线网络元素 .....	(193)
8.1.2	无线链路和网络特征 .....	(195)
8.2	Wi-Fi: 802.11 无线局域网 .....	(197)
8.3	移动自组网络 .....	(199)
8.4	无线个人区域网 WPAN .....	(201)
8.5	无线城域网 WMAN .....	(204)
8.6	蜂窝因特网接入 .....	(206)
8.6.1	蜂窝网体系结构概述 .....	(206)
8.6.2	蜂窝网标准和技术简介 .....	(207)
8.7	移动管理原理 .....	(209)
8.7.1	寻址 .....	(211)
8.7.2	移动节点的选路 .....	(212)
8.8	蜂窝网中的移动管理 .....	(216)
8.8.1	对移动用户呼叫的选路 .....	(216)
8.8.2	GSM 中的切换 .....	(218)
8.9	无线和移动性对高层协议的影响 .....	(220)
8.10	小结 .....	(221)
<b>第 9 章</b>	<b>网络管理</b> .....	<b>(224)</b>
9.1	网络管理概述 .....	(224)

9.1.1	网络管理的历史	(224)
9.1.2	网络管理模型	(225)
9.1.3	公共管理信息协议 (CMIP)	(228)
9.2	SNMP 的体系结构	(231)
9.2.1	TCP/IP 网络管理的发展	(231)
9.2.2	SNMP 基本框架	(233)
9.3	管理信息	(236)
9.3.1	管理信息结构 (SMI)	(236)
9.3.2	管理信息库 MIB	(240)
9.4	简单网络管理协议 (SNMP)	(243)
9.4.1	SNMP 的操作	(243)
9.4.2	SNMPv2 协议	(245)
9.4.3	SNMPv3 的体系结构	(247)
9.5	网络管理软件 OpenView	(248)
9.6	网络管理模型的发展	(250)
9.7	小结	(251)
<b>第 10 章</b>	<b>网络规划与设计</b>	<b>(254)</b>
10.1	网络互联设备需求分析	(254)
10.1.1	广播数据的隔离	(254)
10.1.2	局域网分段	(255)
10.1.3	网络设计需求分析	(256)
10.2	各种设备的功能比较	(260)
10.2.1	各种网络互联设备的区别	(260)
10.2.2	各种互联设备	(261)
10.3	选择集线器	(264)
10.3.1	集线器产品选择	(264)
10.3.2	集线器产品实例	(265)
10.4	选择网桥和交换机	(266)
10.4.1	交换机分类	(266)
10.4.2	交换机的性能指标	(267)
10.4.3	第三层交换技术	(269)
10.4.4	交换机产品	(272)
10.4.5	交换机的基本配置	(274)
10.5	选择路由器	(275)
10.5.1	路由器分类	(275)
10.5.2	路由器的性能指标	(276)
10.5.3	路由器与网络安全	(278)
10.5.4	路由器产品	(280)
10.5.5	路由器配置	(281)

10.6 各种互联设备的结合.....	(282)
10.6.1 企业 Intranet 网络的建设.....	(282)
10.6.2 网络分层设计方法.....	(284)
10.6.3 需求分析设计书.....	(285)
10.6.4 逻辑结构设计与地址分配.....	(287)
10.6.5 网络安全设计.....	(289)
10.6.6 物理设计与设备选型.....	(290)
10.7 小结.....	(293)
附录.....	(294)
参考文献.....	(296)

# 第 1 章 计算机网络概述

本章概述了计算机网络，从整体上粗线条地勾画出计算机网络的概貌，是本书其它部分内容的基础。本章讨论了大量的计算机网络构件，并将它们放在整个网络的大环境中进行讨论。

在介绍了计算机网络的基本概念后，本章将首先说明构成网络的基本硬件和软件组件。然后从网络边缘开始，考察在网络中运行的端系统和网络应用，考虑提供给这些应用的运输服务；之后，进入计算机网络的核心理，查看传输数据的链路和交换机，以及连接端系统与网络核心的接入网。接着，本章讨论了因特网，主要包括因特网的概念以及构成因特网的网络连接方式。最后，简单介绍了计算机联网时一些关键的体系结构上的原则，如协议分层和服务模型等。

## 1.1 计算机网络的基本概念

### 1.1.1 计算机网络概念

人类已进入信息化时代，社会的进步和生产力的发展，在很大程度上要依赖人类对信息的获取和处理能力，依赖信息技术的进步。信息技术包含的内容很广，既有对信息的收集、处理、存储、传送和分配，又有对信息的表达。计算机网络是计算机技术与通信技术结合的产物，涵盖了信息技术所包含的主要内容，是信息技术进步的象征。近年来，因特网（Internet）这个全球化计算机网络的发展，已经证明了计算机网络对信息时代的特别重要性。

对于什么是计算机网络，不同的人群对计算机网络的含义和理解是不尽相同的。早期，人们将分散的计算机、终端及其附属设施，利用通信媒体连接起来，能够实现相互通信的系统称做网络系统。1970年，在美国信息处理协会召开的春季计算机联合会议上，计算机网络定义为“以能够共享资源（硬件、软件和数据等）的方式连接起来，并且各自具备独立功能的计算机系统之集合”。

上述两种描述的主要区别是：后者强调的是网络中的各个节点（计算机）必须具备独立的功能，而且资源（文件、数据和打印机等）必须实现共享。

因此，可以将计算机网络做如下描述：计算机网络是利用通信线路将地理位置分散的、具有独立功能的许多计算机系统连接起来，按照某种协议进行数据通信，以实现资源共享的信息系统。

最简单的网络就是两台计算机互连，而复杂的计算机网络则是将全世界的计算机连在一起，图 1-1 所给出的就是当前因特网互联的概况。

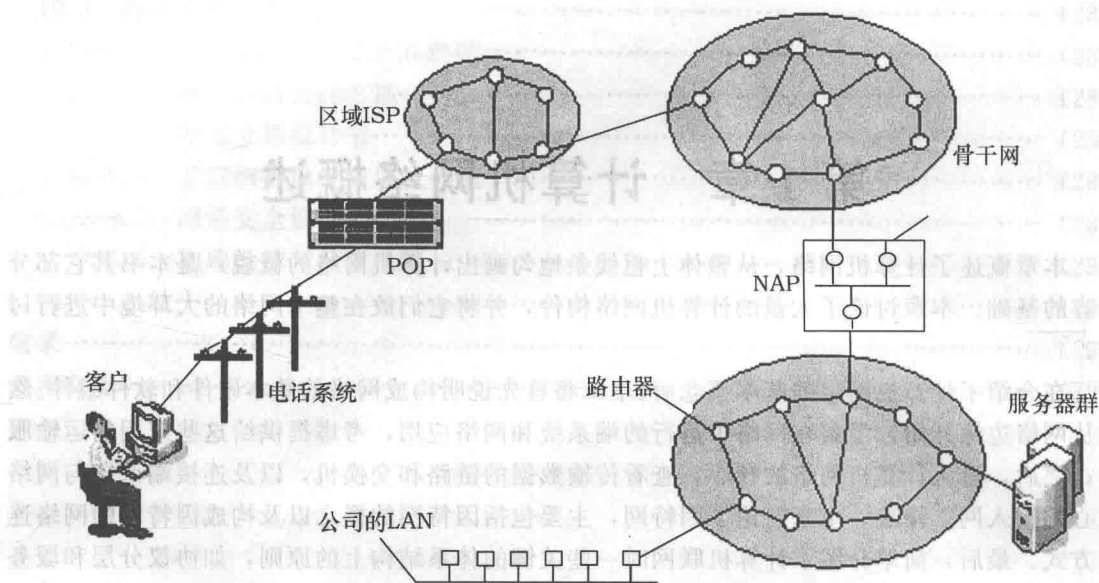


图 1-1 因特网互联的概况

### 1.1.2 计算机网络的软件和硬件

网络软件系统和网络硬件系统是网络系统赖以存在的基础。在网络系统中，硬件为网络系统的正常运行提供了物质基础，而网络软件则是控制网络硬件按照人们的要求、保证网络数据正常交互而设计的各种软件系统。

#### 1. 网络软件

在网络系统中，网络上的每个用户，都享有系统中的各种资源。系统必须对用户进行控制，否则，就会造成系统混乱、信息数据的破坏和丢失。为了协调系统资源，系统需要通过软件工具对网络资源进行全面的、管理和分配，并采取一系列的安全保护措施，防止用户不合理的对数据和信息的访问，以防数据和信息的破坏与丢失。网络软件是实现网络功能和保障网络运行不可缺少的部分。

通常网络软件包括：

①网络协议和协议软件：它通过协议程序实现网络协议功能。

②网络操作系统：网络操作系统是用以实现系统资源共享、管理用户（包括远程用户）对不同资源访问的系统程序。网络操作系统在计算机网络中主要实现对计算机资源的管理，通过访问控制、远程调用等方式为计算机网络用户服务。

③网络管理及网络应用软件：网络管理软件是用来对网络资源进行管理和对网络进行维护的软件。网络应用软件是为网络用户提供服务并为网络用户解决实际问题的软件。

网络软件最重要的特征是：它所关注的重点不是在网络中互联的各个独立的计算机本身的功能，而是在如何实现网络特有的功能。

#### 2. 网络硬件

网络硬件是计算机网络系统的物质基础。要构成一个计算机网络系统，首先要将计算机

及其附属硬件设备与网络中的其它计算机系统连接起来。对于不同的计算机网络系统，在硬件方面都具有一定的差别。随着计算机技术和网络技术的发展，网络硬件日趋多样化，功能更加强大，更加复杂。网络硬件大体上可分为以下三类：

(1) 主机 (Host)。主机一般是指处于网络的边缘，用户可以直接使用的各类计算机系统，如常用的各类 PC 机、提供网络服务的各类服务器等。

(2) 路由器 (Router)。路由器处于网络的核心，用于将计算机与网络、或将网络与网络联接起来，从而构成一个大规模的计算机网络。路由器的基本功能是利用路由协议软件将网络中的数据分组按要求分步转发到目的计算机。

(3) 通信链路 (Communication Link)。通信链路实现主机到路由器、路由器到路由器的物理连接。

随着计算机网络技术和网络应用的普及，网络系统中各种类型的硬件和软件会越来越多，功能也将更加强大，设计也将更加复杂。

### 1.1.3 计算机网络的功能

计算机网络既然是以共享为主要目标，那么它就应具备以下几个方面的功能。

#### (1) 数据通信

该功能实现计算机与终端、计算机与计算机间的数据传输，这是计算机网络的基本功能。

#### (2) 资源共享

网络上的计算机彼此之间可以实现资源共享，包括硬件、软件和数据。信息时代的到来，资源共享具有重大的意义。首先，从投资考虑，网络上的用户可以共享使用网上的打印机、扫描仪等，从而节省资金。其次，随着信息量越来越大，单一的计算机已经不能储存它们，只有分布存储在不同的计算机上，网络用户可以共享这些信息资源。再次，现在计算机软件层出不穷，在这些浩如烟海的软件中，不少是免费共享的，这是网络上的宝贵财富。任何连入网络的人，都有权使用它们。资源共享为用户使用网络提供了方便。

#### (3) 远程传输

计算机应用的发展，已经从科学计算到数据处理，从单机到网络。分布在很远位置的用户可以互相传输数据信息，互相交流，协同工作。

#### (4) 集中管理

计算机网络技术的发展和运用，已使得现代的办公手段、经营管理等发生了变化。人们研发了众多的 MIS 系统、OA 系统等，通过这些系统可以实现日常工作的集中管理，既提高了工作效率，又增加了经济效益。

#### (5) 实现分布式处理

网络技术的发展，使得分布式计算成为可能。对于大型的课题，可以分为许许多多的小题目，由不同的计算机分别完成，然后再集中起来，解决问题。

#### (6) 负载均衡

负载均衡是指工作被均匀的分配给网络上的通信链路和各单位计算机系统。网络控制机制负责分配和检测，当某条通信链路或某台计算机负载过重时，系统会自动转移负载到较轻的通信链路或计算机系统上去处理。

由此可见，计算机网络可以大大扩展计算机系统的功能，扩大其应用范围，提高可靠性，

为用户提供方便，同时也减少了费用，提高了性能价格比。

综上所述，计算机网络首先是计算机的一个群体，是由多台计算机组成的，每台计算机的工作是独立的，一般情况下，任何一台计算机都不能干预其他计算机的工作，例如启动、关机和控制其运行等；其次，这些计算机是通过一定的通信媒体互连在一起，计算机间的互连是指它们彼此间能够交换信息。网络上的设备包括微机、小型机、大型机、终端、打印机，以及绘图仪、光驱等。用户可以通过网络共享设备资源和信息资源。网络处理的电子信息除一般文字信息外，还可以包括声音和视频信息等。

## 1.2 网络边缘

计算机网络系统由网络边缘和网络核心构成。本节，从网络边缘开始，观察一下我们非常熟悉的部件，即计算机。下节，将从网络边缘向网络核心前进，查看计算机网络中的交换、选路以及网络设备的联接。

### 1.2.1 端系统、客户机和服务器

在计算机网络的术语中，与因特网相连的计算机因位于因特网的边缘，通常被称为端系统 (end systems)，如图 1-2 所示。因特网的端系统包括桌面计算机 (例如，桌面 PC、Mac 和基于 Unix 的工作站)、服务器 (例如，Web 和电子邮件服务器) 和移动计算机 (例如，便携机、PDA 和采用无线因特网连接的电话)。此外，越来越多的其他类型的设备正被作为端系统与因特网相连，这些设备如瘦客户机和家用设备，WebTV 和机顶盒，以及数字照相机、家用器具、工厂场地装备和环境传感器等。

端系统也被称为主机，因为它们容纳 (即运行) 诸如 Web 浏览器程序、Web 服务器程序、电子邮件阅读程序或电子邮件服务器程序等应用程序。主机有时又被进一步划分为两类：客户机 (client) 和服务器 (server)。客户机一般包括桌面 PC、移动 PC 和 PDA 等等，而服务器一般是功能更为强大的机器，用于存储和发布 Web 页面、流视频、转发电子邮件等。

客户机程序是运行在一个端系统上的程序，它发出请求，并从运行在另一个端系统上的服务器程序 (server program) 接收服务。这种客户机/服务器模式是因特网应用程序的最为流行的结构。Web、电子邮件、文件传输、远程登录 (例如 Telnet)、新闻组和许多其他流行的应用程序都采用客户机/服务器模式。因为客户机程序一般运行在一台计算机上，而服务器程序运行在另一台计算机上，所以根据定义，客户机/服务器因特网应用程序是分布式应用程序 (distributed application)。客户机程序和服务器程序通过因特网互相发送报文而进行交互。在这个层次的抽象下，路由器、链路和因特网中的其他具体构件可视为一个“黑盒子”，因特网应用程序使用该黑盒子在分布式的、进行通信的部件之间传输报文。图 1-2 中给出的是这种级别的抽象。

如今的因特网应用程序并非全都是由与纯服务器程序交互的纯客户机程序组成。例如，对于流行的对等 (P2P) 文件共享应用程序 (如 KaZaA)，在用户的端系统中的对等应用程序起着客户机程序和服务器程序的双重作用。当它请求位于另一个对等机的文件时，运行在该机器上的程序起着客户机的作用；当它向另一个对等机发送文件的时候，该程序起着服务器的作用。在因特网电话中，通信双方作为对等方交互，一方请求来自另一方的服务是没有意义

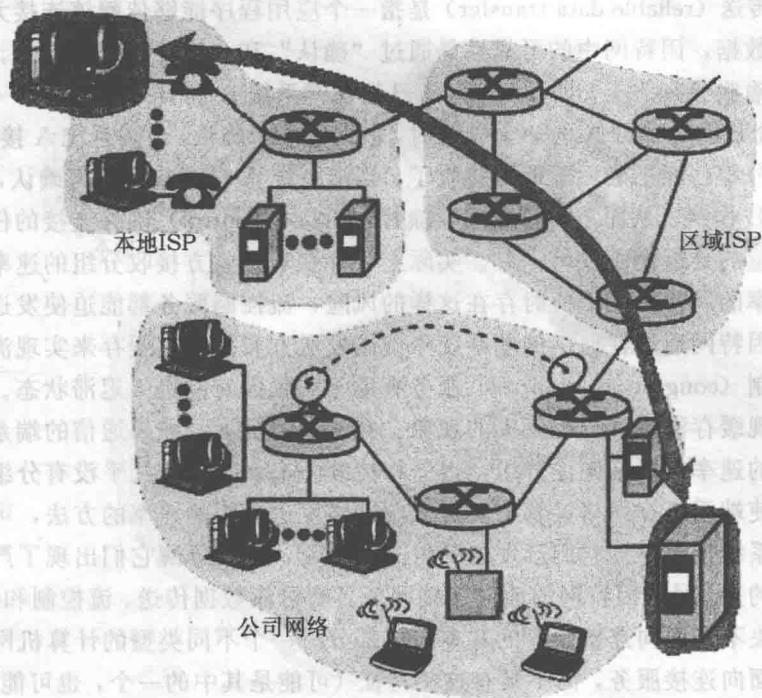


图 1-2 端系统交互

的，所以是双向、双重身份。

### 1.2.2 无连接服务和面向连接服务

端系统借助因特网实现彼此之间的通信。特别是端系统程序使用因特网服务彼此发送报文。因特网的链路、路由器和其他部件为在端系统程序之间传送这些报文提供了手段。然而，因特网提供给端系统程序的通信服务具有什么样的特征呢？

TCP/IP 网络，特别是因特网，为端系统应用程序提供了两类服务：无连接服务和面向连接服务。因特网应用程序的开发人员所设计的应用程序，必须使用这两类服务之一，因特网应用程序的典型例子有电子邮件应用程序、文件传输应用程序、Web 应用程序和因特网电话应用程序等。

#### 1. 面向连接服务

当应用程序使用面向连接服务时，在客户机程序和服务器程序（驻留在不同的端系统中）发送具有实际数据（例如电子邮件报文）的分组前，要彼此发送控制分组，即所谓的“握手”。握手过程提醒该客户机和服务器，使它们对随后分组的突然到来做好准备。一旦握手过程结束，就可以说在两个端系统之间创建了连接。

为什么术语是“面向连接服务”而不是“连接服务”呢？选用该术语是因为端系统是以非常松散的方式进行连接。特别是仅有端系统自己才知道这种连接，在因特网中的分组交换机（即路由器）则完全不会留意该连接。事实上，因特网中的连接就是要求在端系统中分配一些缓存和状态变量，中间的分组交换机不维护任何连接状态信息。

因特网的面向连接服务与其他几个服务是共存的，包括可靠数据传送、流控制和拥塞控