

计算机专业“十三五”规划教材

路由交换技术

与网络安全

主编◎卢宏才 成思豪 牛泉林



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

计算机专业“十三五”规划教材

路由交换技术与网络安全

主 编 卢宏才 成思豪 牛泉林

副主编 潘 丽 刘亚琦 张 凯



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

内 容 简 介

路由技术是互连网络必不可少的核心技术。本书根据人才培养目标、专业建设方案等方面的专业课程标准,以强化专业技能培养为目标,安排教材内容。本书共 10 章,内容包括计算机网络概述、IP 编址、VRP 基础、交换机基础、STP 和 RSTP、路由、VLAN 原理及配置、防火墙技术、计算机网络安全技术和网络地址转化技术。

本书可作为大中专院校计算机专业的教材,也可以作为培训班的实训教材,还可作为学习和了解网络技术的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

路由交换技术与网络安全 / 卢宏才, 成思豪, 牛泉林主编. -- 北京: 北京希望电子出版社, 2019.7

ISBN 978-7-83002-697-4

I. ①路… II. ①卢… ②成… ③牛… III. ①计算机网络—路由选择②计算机网络—网络安全 IV. ①TN915.05②TP393.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 128183 号

出版: 北京希望电子出版社
地址: 北京市海淀区中关村大街 22 号
 中科大厦 A 座 10 层
邮编: 100190
网址: www.bhp.com.cn
电话: 010-82626270
传真: 010-62543892
经销: 各地新华书店

封面: 赵俊红
编辑: 全 卫
校对: 薛海霞
开本: 787mm×1092mm 1/16
印张: 13
字数: 333 千字
印刷: 廊坊市广阳区九洲印刷厂
版次: 2019 年 7 月 1 版 1 次印刷

定价: 38.00 元

前言

在现代社会，计算机网络技术被广泛应用于诸多领域及行业。在不同的领域中应用网络技术需要不同的网络平台支持，这就需要有良好的路由交换技术。在计算机网络技术中，路由器是连接网络的枢纽，是信息源头到信息宿的途径。为了快捷实现网络连接，提升网络服务质量，就需要选择路由交换设备。现在路由交换设备以 Cisco 和华为为主，延伸出来的路由交换技术的教材也围绕这些设备中的技术为主。Cisco 作为行业中的先驱，以 Cisco 设备中的技术为主的教材已经很多，但是针对华为设备技术的教材目前几乎没有。

目前，很多院校计算机网络专业都将路由交换技术列为一门重要的专业核心课程。本书编写人员多次参与企业方面培训，与行业专家多次交流，同一线课程负责人一起，从人才培养目标、专业建设方案等方面明确专业课程标准，强化专业技能培养，安排教材内容。根据岗位技能要求，引入企业案例，旨在提高学生的专业技能。

本书共 10 章，内容包括计算机网络概述、IP 编址、VRP 基础、交换机基础、STP 和 RSTP、路由、VLAN 原理及配置、防火墙技术、计算机网络安全技术和网络地址转化技术。本书内容力求细致全面、重点突出，文字叙述注重言简意赅、通俗易懂，强调案例的针对性和实用性。通过课堂实战和综合演练，提高学生的实际应用能力。

本书由甘肃工业职业技术学院的卢宏才、成思豪、牛泉林担任主编，由兰州职业技术学院的潘丽、甘肃工业职业技术学院的刘亚琦和张凯担任副主编。其中，卢宏才编写了第 3 章、第 5 章、第 7 章和第 8 章，成思豪编写了第 1 章、第 2 章和第 4 章，牛泉林编写了各章节习题，潘丽编写了第 10 章，刘亚琦编写了第 9 章，张凯编写了第 6 章。

本书实例丰富，图文并茂，结构合理，适合作为高等院校的教材，也可供网络工程技术人员参考。本书的相关资料和售后服务可与 QQ（2436472462）联系获得。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络基本知识.....	1
1.2 计算机网络拓扑结构.....	7
1.3 协议与分层.....	11
1.4 ISO/OSI 参考模型.....	12
1.5 TCP/IP 体系结构.....	14
本章小结.....	16
本章习题.....	17
第 2 章 IP 编址	19
2.1 IP 地址的基本知识.....	19
2.5 子网掩码.....	26
本章小结.....	31
本章习题.....	31
第 3 章 VRP 基础	35
3.1 VRP 基本知识.....	35
3.2 命令行基础.....	41
3.3 文件系统基础.....	50
本章小结.....	55
本章习题.....	55
第 4 章 交换机基础	57
4.1 交换机的基本知识.....	57
4.2 交换机的配置方法.....	60
4.3 交换机的软件升级.....	67
4.4 交换机端口配置.....	70
本章小结.....	76
本章习题.....	77
第 5 章 STP 和 RSTP	80
5.1 STP 的基本知识.....	80
5.2 RSTP 的基本知识.....	92
本章小结.....	96

本章习题.....	96
第 6 章 路由.....	98
6.1 路由的基本知识.....	98
6.2 RIP 协议.....	109
6.3 OSPF 协议.....	114
本章小结.....	121
本章习题.....	121
第 7 章 VLAN 原理及配置.....	124
7.1 VLAN 的基本知识.....	124
7.2 基于端口的 VLAN.....	127
7.3 VLAN 配置.....	129
本章小结.....	138
本章习题.....	139
第 8 章 防火墙技术.....	142
8.1 防火墙基本知识.....	142
8.2 防火墙设备管理.....	148
8.3 防火墙基本配置.....	154
8.4 防火墙安全策略配置.....	157
本章小结.....	164
本章习题.....	165
第 9 章 计算机网络安全技术.....	167
9.1 计算机网络安全的基本知识.....	167
9.2 计算机网络安全体系.....	169
9.3 数据加密技术.....	171
9.4 数据加密技术的应用.....	182
本章小结.....	184
本章习题.....	185
第 10 章 网络地址转换技术.....	187
10.1 NAT 的基本知识.....	187
10.2 NAT 技术.....	189
10.3 NAT 应用配置.....	191
本章小结.....	199
本章习题.....	199
参考文献.....	202

第 1 章 计算机网络概述

【本章导读】

计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物，计算机网络是 20 世纪 50 年代兴起的，近 20 年得到迅猛发展，在信息社会中起着举足轻重的作用。

计算机网络经历了萌芽、初建、发展等阶段。计算机网络发展到今天已渗透到科学技术、政治、经济、军事等诸多领域，对社会的发展、生产结构和人类的生活方式等均产生深刻影响和冲击，并在社会信息化的进程中扮演着重要角色，成为一个国家社会经济发展的重要支柱。

【本章学习目标】

- 了解计算机网络的基本知识
- 理解计算机网络拓扑结构
- 掌握协议与分层
- 理解 ISO/OSI 参考模型
- 掌握 TCP/IP 体系结构

1.1 计算机网络基本知识

简单地说，各自独立的计算机和其他附属设备以及通信介质相互连接形成的集合就是一个计算机网络。所谓计算机网络，是通过功能完善的网络软件实现资源共享和数据通信的系统。独立意味着每台联网的计算机是完整的计算机系统，可以独立完成用户的作业；相互连接意味着两台计算机之间能够相互交换信息。

1.1.1 计算机网络涉及的层面

一般的计算机网络均会涉及以下几个方面。

1. 传输介质

计算机之间进行连接、互相通信和交换信息是通过传输介质来实现的，传输介质可

以是双绞线、光纤、同轴电缆等有线物质，也可以是激光、微波等无线物质。

2. 通信协议和网络软件

计算机之间要通信，要交换信息，彼此就需要有某些约定和规则，这些约定和规则就是通信协议。每一个厂商生产的计算机网络产品都有自己的通信协议，不同厂商的通信协议之间不能直接通信。但是，随着国际化程度的提高，人们认识到互相通信的重要性，因此定义了国际通用的通信协议，各厂商都遵守这个国际协议，这就使得不同厂商的产品可以互相通信了。

3. 功能性定义

从资源共享的角度来说，计算机网络是一组各自具备独立功能的计算机和其他设备，以允许用户相互通信和共享计算机资源的方式互连在一起的系统，也就是地理位置不同、具有独立功能的计算机(系统)或由计算机控制的外部设备，通过通信设备和传输介质，在网络操作系统的控制下，按照约定的通信协议进行信息交换，实现资源共享的系统。

资源共享观点的定义符合目前计算机的基本特征：

- (1) 连网计算机必须遵循全网统一的网络协议。
- (2) 计算机网络建网的主要目的是实现计算机资源的共享。
- (3) 连网的计算机是分布在不同地理位置的多台独立的计算机系统。

4. 技术性定义

- (1) 计算机网络需要网络操作系统的支持。
- (2) 计算机网络是建立在通信网络基础上的。
- (3) 计算机必须通过传输介质和网络适配器连接在一起，才能构成网络。

1.1.2 计算机网络的发展

在计算机网络的发展过程中，大体出现过“终端计算机联机系统”“计算机联机系统”和“计算机联网互联系统”三种不同的网络形式。

1. 终端计算机联机系统

早期的计算机价格昂贵，只有计算机中心才可能拥有。为方便远距离的用户上机，不少计算机中心设置了远程终端，通过通信线路与主机连接。为了提高线路的利用率，往往在每条长途线上挂接多个终端。通过终端先用传输线连接到集中器(Concentrator)，再从集中器经长途线路连接到主机。

由于这类系统中的主机要同时承担数据处理和通信处理两个方面的任务，当通信量较大时，数据处理的效率将明显降低。为了避免联机系统中每个终端之间都需要加装收



发器，在20世纪60年代出现了由集中器和前端处理机简称前端机（Front end Processor）支持的远程终端联机系统，如图1-1所示。

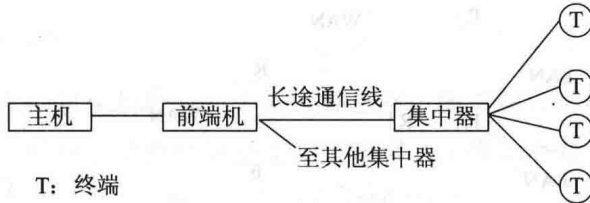


图 1-1 远程终端联机系统

2. 计算机联机系统

计算机联机系统也就是“计算机—计算机”通信能力，这是20世纪60年代中期出现的，以多处理中心为特点的真正的计算机网络。如美国国防部高级研究计划局在1969年建成的ARPA网，当年只连接了4台独立的计算机主机，成为这类计算机网的最早代表，如图1.2所示。

在图1-2中，IMP（Interface Message Processor）代表“接口信息处理机”，TIP（Terminal Interface Processor）代表“终端接口处理机”，它们均可用小型计算机构成。

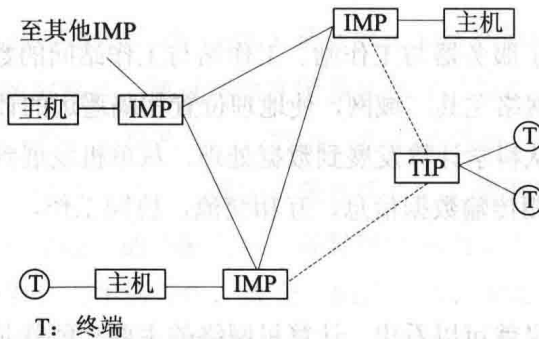


图 1-2 ARPA网早期结构示意图

ARPA网的成功运行推动了计算机网络的发展。进入20世纪70年代后，许多发达国家相继组建了规模较大的全国性乃至跨国的网络。随着微型计算机的兴起，计算机网络的主流从广域网转向本地网或局域网LAN（Local Area Network）。

3. 计算机网络互联系统

计算机网络互联是把分部在不同地理位置的网络连接起来，实现在更大范围内资源的共享。通常把这种网络之间的连接称做网络互联（Internetworking）。

随着网络应用的扩大，网络互联出现了“局域网—局域网”互联、“广域网—广域网”“局域网—广域网”互联等多种方式。它们通过集线器、交换机或路由器等互联设备将不同的网络连接到一起，形成可以相互访问的网际网（Interconnect Network），简

称“互联网”（Internetwork）。典型的因特网就是目前世界上最大的一个国际互联网，如图1-3所示。

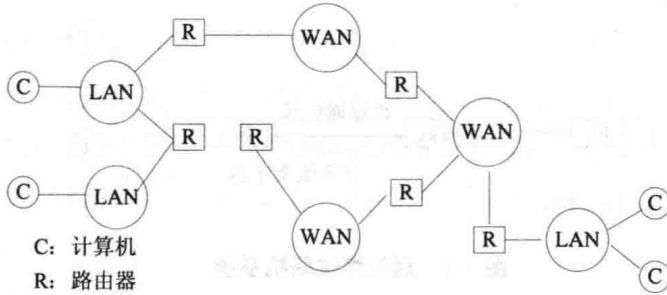


图 1-3 因特网内部结构示意图

1.13 计算机网络的作用

随着计算机网络技术的发展，计算机网络的功能也不断得到扩展，不仅仅局限于资源的共享，而是逐渐地渗入到社会的各个部门和领域。计算机网络的作用非常广泛和重要。可以提供各种信息和服务，具体来说，主要有以下几方面作用。

1. 数据通信

数据通信功能实现了服务器与工作站、工作站与工作站间的数据传输，是计算机网络的基本功能。计算机网络尤其广域网，使地理位置相隔遥远的计算机可以进行远程通信。网络的应用，已经从科学计算发展到数据处理，从单机发展到网络，这使得空间上隔得很远的用户可以互相传输数据信息，互相交流，协同工作。

2. 资源共享

从计算机网络的定义就可以看出，计算机网络的主要功能就是资源共享。在计算机网络中，有许多昂贵的资源，如大型数据库、巨型计算机等，并非为单一的用户所独有。资源共享主要包括硬件共享、软件共享和数据共享。资源共享可以最大程度地利用网络上的各种资源，提高资源的利用率。

3. 集中管理

由于计算机网络技术的发展和运用，使得现代的办公手段、经营管理发生了变化。通过管理信息系统、办公自动化系统等可以实现日常工作的集中管理，这样不但提高了工作效率，而且增加了经济效益。

4. 分布处理

在计算机网络中，还可以将一个比较大的问题或任务分解为若干个子问题或子任务



分散到网络中不同的计算机上进行处理计算。这种分布处理方式在进行一些重大课题的研究开发时是卓有成效的。

5. 综合信息服务

当今社会是一个信息化的社会，个人、办公室、图书馆、学校和企业每时每刻都在产生并处理着大量的信息。信息可以是文字、数字、图像、声音甚至视频，通过计算机及网络就能够收集、处理这些信息，并进行信息的传送。

以上的网络作用是概念上的，具体来说，在日常生活中，计算机网络主要有以下几个方面的应用。

(1) 电子邮件，计算机网络可以作为通信媒介，用户可以在自己的计算机上把电子邮件(E-mail)发送到世界各地，这些邮件可以包括文字、声音、图形、图像等信息。

(2) 联机会议，利用计算机网络，人们可以通过个人计算机参加会议讨论。联机会议除了可以使用文字外，还可以传送声音和图像。

(3) 远程登录，远程登录是指允许一个地点的计算机与另一个地点的计算机进行通信，尽管它们在空间上相隔很远，但是它们可以运行相应的应用程序进行交互式对话等。

(4) 数据交换，电子数据交换(EDI)是计算机网络在商业中的一种重要的应用形式。它以共同认可的数据格式，通过网络在贸易伙伴的计算机之间传输数据，代替了传统的贸易单据，从而节省了大量的人力和财力，提高了效率。

在未来，谁拥有“信息资源”，谁能有效使用“信息资源”，谁就能在各种竞争中占据主导地位。随着网络技术的不断发展，各种网络应用层出不穷，并将逐渐深入到社会的各个领域及人们的日常生活当中，改变人们的工作、学习、生活乃至思维方式。

总之，计算机网络的应用范围非常广泛，它已经渗透到社会生活的各个方面。

1.1.4 计算机网络的分类

计算机网络可以有多种分类方法。最常使用的是按覆盖地域大小分类的方法，它将网络区分为局域网、城域网和广域网三类。以下按它们问世的顺序进行介绍。

1. 局域网

局域网是指在较小的范围内的计算机相互连接所构成的计算机网络，如一个实验室、一幢大楼或一个校园。计算机局域网被广泛应用于连接校园、企业以及单位机关的个人计算机或工作站，以利于个人计算机或工作站之间共享资源和进行数据通信。

由于通信距离近，局域网一般采取“基带”传输，在一条线路上只传输一路数据，但传输速率较广域网快。早期局域网的传输速率一般不超过10兆每秒(MB/s)。目前千

兆每秒的高速局域网已屡见不鲜，并出现了万兆位级的以太网、ATM局域网、无线局域网等技术。

目前局域网（LAN）技术发展迅速，应用日益广泛，是计算机网络中最为活跃的领域之一。局域网一般具有以下特点。

- (1) 安全性好。
- (2) 数据传输率高。
- (3) 网络覆盖的范围较小。
- (4) 数据传输可靠，误码率低。
- (5) 可以根据需要使用多种传输介质。
- (6) 网络结构简单、建网容易、布局灵活、便于扩展。

在网络发展史上，虽然局域网出现在广域网之后，但由于局域网的以上这些特点，使得局域网在企事业单位、银行金融业、办公自动化等方面得到了普遍应用。

2. 城域网

顾名思义，城域网（MAN）的覆盖区域通常为一个城市。这是在20世纪90年代初期提出的一个新概念。近几年来，城域网的建设和技术有了很大的发展。我国部分城市已经积极开始了城域网的建设工作。

城域网所采用的技术基本上与局域网相类似，城域网是介于广域网与局域网之间的一种大范围高速网络。城域网设计的目标是要满足几十公里范围内的大量企业、机关、公司与社会服务部门的计算机联网需求，实现大量用户、多种信息（数据、语音及图像等）传输的综合信息网络。

3. 广域网

世界上第一个计算机网络ARPA就是广域网，它在地理上跨越了美国的多个州。20世纪70年代，国外已有一批广域网投入运行。其广域网通常跨越很大的地理范围，是由多个局域网通过公共传输通信网络，如公用电话交换网络（PSTN）、综合业务数据网络（ISDN）、x.25网络等连接而成。20世纪80年代中期，在铁路、银行业和民航业等系统率先建立了跨地区的行业网。20世纪90年代初，又在政府统一规划下陆续建设了国家经济信息网、中国科技网和中国教育科技网等全国性的广域网，它们在我国的社会主义现代化建设中都发挥了应有的作用。

广域网包含很多主机，把这些主机连接在一起的是通信子网。通信子网的任务是在各个主机之间传送报文。将计算机网络中通信部分的子网与应用部分的主机分离开来，可以大大简化网络的设计。



1.1.5 网络的标准化组织

网络的标准化组织主要有以下几个。

1. 国际标准化组织 ISO

国际标准化组织ISO由美国国家标准组织ANSI(American National Standards Institute)及其他各国的国家标准组织的代表组成。

2. 电气电子工程师协会 IEEE

(1) IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)是一个国际性的电子技术与信息科学工程师的协会,是目前全球最大的非营利性专业技术学会,其会员人数超过40万人,遍布160多个国家。

(2)对于网络而言,IEEE一项最了不起的贡献是对IEEE 802协议进行了定义。IEEE 802协议主要被用于局域网。

3. 美国国防部高级研究计划局 ARPA

(1) ARPA(Advanced Research Projects Agency,美国国防部高级研究计划局)又被称为DARPA,其中,D(Defense)表示国防部。

(2) ARPA最主要的贡献是提供了连接不同厂家计算机主机的TCP/IP通信标准。

1.1.6 计算机网络的应用

计算机网络可以应用于任何地方,任何行业,主要包括:政治、经济、军事、科学、生活及文化教育等诸多方面,它将为各行各业以至人们的生活带来崭新的通信手段和崭新的变化。随着网络技术和各种网络应用的需求,计算机网络应用的范围在不断扩大,应用领域越来越拓宽,越来越深入,许多新的计算机网络应用系统不断地被开发出来,如:辅助决策、远程教学、虚拟大学、工业自动化控制、管理信息系统、电子博物馆、全球情报检索与信息查询、网上购物、电子商务、电视会议、过程控制等。

1.2 计算机网络拓扑结构

网络拓扑结构是计算机网络节点和通信链路所组成的几何形状。计算机网络有很多种拓扑结构,最常见的网络拓扑结构有如下几种。

1.2.1 总线形拓扑结构

总线形拓扑结构是网络中的所有站点均通过一条主干线（总线）连接起来。站点间的数据沿着主干线进行广播式传输，以此发送到网络中的其他所有站点中去。总线形拓扑结构的网络易于安装，实现成本低，可靠性较高，缺点是不易管理，一旦传输介质出现故障将影响到整个网络，故障也难以定位和监控，总线形拓扑结构如图1-4所示。通常，总线形拓扑结构有如下特点。

- (1) 结构简单灵活，易于扩展。
- (2) 易于安装，费用低。
- (3) 网络效率和带宽利用率低。
- (4) 采用分布控制方式，各结点通过总线直接通信。
- (5) 共享能力强，便于广播式传输。
- (6) 网络响应速度快，但负荷重时则性能迅速下降。
- (7) 各工作站点平等，都有权使用总线，不受某站点仲裁。
- (8) 局部站点故障不影响整体，可靠性较高。但是，总线一旦出现故障，则将影响整个网络运行。

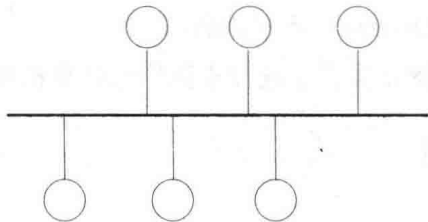


图 1-4 总线形拓扑结构

1.2.2 环形拓扑结构

环形结构中各个结点连接形成一个闭合回路，数据可以沿环单向传输，也可沿环向两个方向传输，实际网络实现中以单向环居多。环形拓扑的优点是结构简单，增删结点容易，并且传输延迟确定，缺点是可靠性差，任何一个结点失效都将影响整个网络。为了维护环的正常运作，需要复杂的环管理和环维护，环形拓扑结构如图1-5所示。通常，环形拓扑结构的特点如下。

- (1) 可扩充性差。
- (2) 两个节点之间仅有唯一的路径，简化了路径选择。
- (3) 在环形网络中，各 workstation 间无主从关系，结构简单。
- (4) 信息流在网络中沿环单向传递，延迟固定，实时性较好。



(5) 可靠性差, 任何线路或节点的故障, 都有可能引起全网故障, 且故障检测困难。

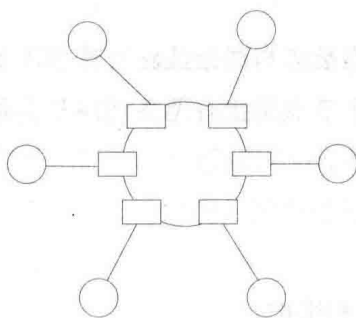


图 1-5 环形拓扑结构

1.2.3 星形拓扑结构

星形拓扑中, 每个结点都通过单独的通信线路与中心结点相连, 任何一对结点之间的通信必须通过中心结点的交换才能实现。星形拓扑结构简单, 易于管理。但它的可靠性较低, 因为一旦中心结点失效, 整个网络就将瘫痪。星形拓扑的中心结点往往相当复杂, 如图1-6所示。

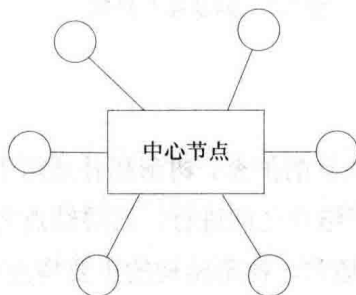


图 1-6 星形拓扑结构

星形结构的每个节点都由一条到点链路与中心节点(公用中心交换设备, 如交换机、HUB等)相连。通常, 星形结构的主要特点如下。

- (1) 易实现结构化布线。
- (2) 星形结构易扩充, 易升级。
- (3) 通信线路专用, 电缆成本高。
- (4) 星形拓扑结构简单, 便于管理和维护。
- (5) 星形结构的网络由中心节点控制与管理, 中心节点的可靠性基本上决定了整个网络的可靠性。
- (6) 中心节点负担重, 易成为信息传输的瓶颈, 且中心节点一旦出现故障, 会导

致全网瘫痪。

1.2.4 网状拓扑结构

网状拓扑结构是指将各网络节点与通信线路互连成不规则的形状，每个节点至少与其他两个节点相连，或者说每个节点至少要有两条链路与其他节点相连，如图1-7所示。通常，网状结构的主要特点如下。

- (1) 线路成本高。
- (2) 适用于大型广域网。
- (3) 结构复杂，不易管理和维护。
- (4) 每个节点都有冗余链路，可靠性高。
- (5) 因为有多条路径，所以可以选择最佳路径，减少时延，改善流量分配，提高网络性能，但路径选择比较复杂。

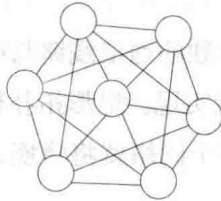


图 1-7 网状拓扑结构

1.2.5 树形拓扑结构

树形拓扑可以看成是星形拓扑的扩充。树形拓扑适用于汇集信息应用场合。在这样的场合，信息交换主要在上、下结点之间进行，同层结点之间一般不进行数据交换或交换数据量很小，如图1-8所示。通常，树形结构的主要特点如下

- (1) 易于扩展。
- (2) 电缆成本高。
- (3) 易于故障隔离，可靠性高。
- (4) 这种结构是天然的分级结构。
- (5) 对根节点的依赖性大，一旦根节点出现故障，将导致全网不能工作。

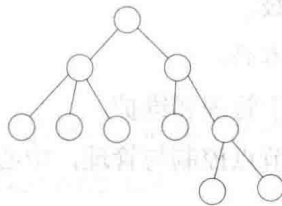


图 1-8 树形拓扑结构



1.3 协议与分层

在计算机网络中，分层次的体系结构是最基本的概念。讲到体系结构，不可避免要涉及到“协议”这一重要概念。“协议”是外交用语，是为了顺利地进行国家与国家之间的交流而规定（约定）的章程。把这种章程移用到通信上，就是“通信协议”，它能够顺利地进行某系统与其他系统的通信。因此，把为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准、约定称为“网络协议”。

1.3.1 网络协议的组成

一个网络协议由语法、语义和同步（定时）组成。

- (1) 语法：规定了数据与控制信息格式。
- (2) 语义：规定了发送者及接收者所要完成的操作。
- (3) 同步：包括速度匹配和排序等。

即，语法管的是“讲的方式”，语义管的是“讲的内容”，同步管的是“演讲者与受众的互动关系”。受众认为讲得快了，演讲者就说慢一些；受众认为讲慢了，演讲者就说快一些。

1.3.2 分层

把要处理的问题划分成较小的易于处理的片段，这就是“分层”的概念。ARPA的研究经验表明，对于异常复杂的计算机网络协议，为了减少协议设计和调试过程的复杂性，其结构最好采用层次式的。具体地说，层次结构应包括以下几个含义。

- (1) 第N层的实体在实现自身定义的功能时，只使用第(N-1)层提供的服务。
- (2) 第N层向第(N+1)层提供服务，此服务不仅包括第N层本身所具有的功能，还包括所有下层服务提供的功能的总和。
- (3) 最底层只提供服务，是服务的基础；最高层只是用户，是使用服务的最高层；中间各层既是下层的用户，也是上层服务的提供者。

- (4) 仅在相邻层间有接口，下层所提供服务的实现细节对上层完全屏蔽。

实体：是为了进行通信而把那一层所提供的功能模块模型化后的概念，更确切地说，是指能发送和接收信息的任何东西，包括终端、应用软件、通信进程等。

服务：第N层要实现本层的功能，前提是使用第(N-1)层的功能，也就是第(N-1)层为第N层提供服务。