



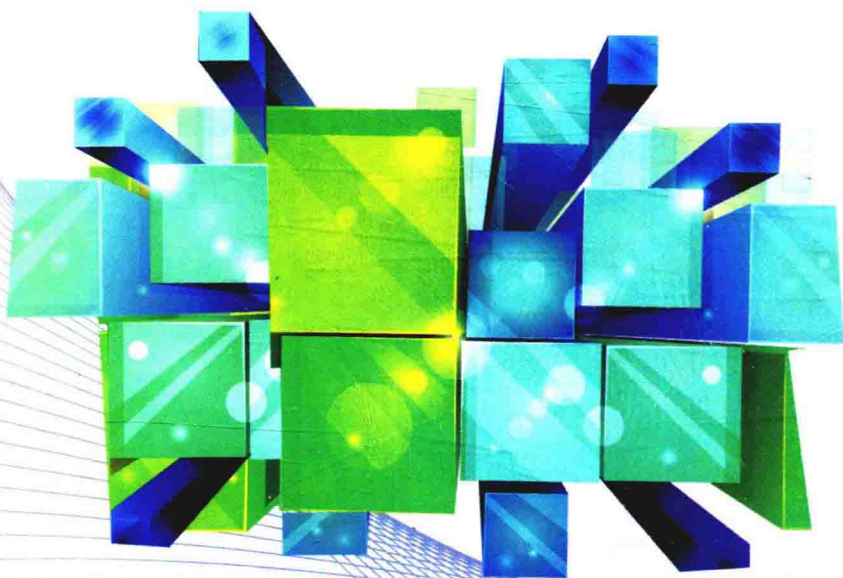
高等学校电子信息类“十三五”规划教材
应用型网络与信息安全工程技术人才培养系列教材

交换与路由技术

Network Switching & Routing Technology

主 编 李享梅

副主编 秦 智 吕云山 何林波



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

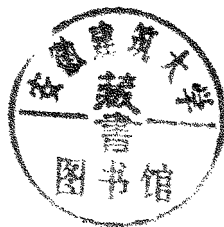
高等学校电子信息类“十三五”规划教材

应用型网络与信息安全工程技术人才培养系列教材

交换与路由技术

主 编 李享梅

副主编 秦 智 吕云山 何林波



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了计算机网络技术基础、交换技术、路由技术、广域网技术和网络管理技术等网络系统工程中所涉及的基本概念与技术。书中首先讲解了计算机网络技术基础知识；然后自底向上，详细介绍了二层交换机上涉及的各种功能及其相关配置，以培养读者的局域网设计、搭建、配置和管理能力；接下来介绍了路由器上涉及的路由器的基本配置、各种路由协议、访问控制列表、网络地址转换、路由冗余协议、广域网技术、网络管理技术等，以培养读者在路由技术方面的能力。大部分章节在讲解原理的同时，都配有实例，以便读者学以致用。

本书可以作为高等院校网络工程、计算机科学与技术、通信工程等专业的教材，也可供高职高专院校学生以及从事网络技术工作的工程人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

交换与路由技术/李享梅主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2017.9

(高等学校电子信息类“十三五”规划教材)

ISBN 978-7-5606-4619-0

I. ① 交… II. ① 李… III. ① 计算机网络—信息交换机 ② 计算机网络—路由选择
IV. ① TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 193123 号

策 划 李惠萍 胡华霖

责任编辑 张 岚 阎 彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18.5

字 数 432 千字

印 数 1~3000 册

定 价 35.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4619 - 0/TN

XDUP 4911001-1

如有印装问题可调换

序

进入 21 世纪以来，信息技术迅速改变着人们传统的生产和生活方式，社会的信息化已经成为当今世界发展不可逆转的趋势和潮流。信息作为一种重要的战略资源，与物资、能源、人力一起已被视为现代社会生产力的主要因素。目前，世界各国围绕着信息获取、利用和控制的竞争日趋激烈，网络与信息安全问题已成为一个世纪性、全球性的课题。党的十八大报告明确指出，要“高度关注海洋、太空、网络空间安全”。党的十八届三中全会决定设立国家安全委员会，成立中央网络安全和信息化领导小组，并把网络与信息安全列入了国家发展的最高战略方向之一。这为包含网络空间安全在内的非传统安全领域问题的有效治理提供了重要的体制机制保障，是我国国家安全体制机制的一个重大创新性举措，彰显了我国政府治国理政的战略新思维和“大安全观”。

人才资源是确保我国网络与信息安全的第一位的资源，信息安全人才培养是国家信息安全保障体系建设的基础和必备条件。随着我国信息化和信息安全产业的快速发展，社会对信息安全人才的需求也不断增加。2015 年 6 月 11 日，国务院学位委员会和教育部联合发出“学位 [2015] 11 号”通知，决定在“工学”门类下增设“网络空间安全”一级学科，代码为“0839”，授予工学学位。这是国家推进专业化教育，在信息安全领域掌握自主权，抢占先机的重要举措。

中华人民共和国成立以来，我国高等工科院校一直是培养各类高级应用型专门人才的主力。培养网络与信息安全高级应用型专门人才也是高等院校责无旁贷的责任。目前，许多高等院校和科研院所已经开办了信息安全专业或开设了相关课程。作为国家首批 61 所“卓越工程师教育培养计划”试点院校之一，成都信息工程大学以《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》、《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020 年）》、《卓越工程师教育培养计划通用标准》为指导，以专业建设和工程技术为主线，始终贯彻“面向工业界、面向未来、面向世界”的工程教育理念，按照“育人为本、崇尚应用”、“一切为了学生”的教学教育理念和“夯实基础、强化实践、注重创新、突出特色”的人才培养思路，遵循“行业指导、校企合作、分类实施、形式多样”的原则，实施了一系列教育教学改革。令人欣喜的是，该校信息安全工程

学院与西安电子科技大学出版社近期联合组织了一系列网络与信息安全专业教育教学改革的研讨活动，共同研讨培养应用型高级网络与信息安全工程技术人才的教育教学方法和课程体系，并在总结近年来该校信息安全专业实施“卓越工程师教育培养计划”教育教学改革成果和经验的基础上，组织编写了“应用型网络与信息安全工程技术人才培养系列教材”。本套教材总结了该校信息安全专业教育教学的改革成果和经验，相关课程有配套的课程过程化考核系统，是培养应用型网络与信息安全工程技术人才的一套比较完整、实用的教材，相信可以对我国高等院校网络与信息专业的建设起到很好的促进作用。该套教材为中国电子教育学会高教分会推荐教材。

信息安全是相对的，信息安全领域的对抗永无止境。国家对信息安全人才的需求是长期的、旺盛的。衷心希望本套教材在培养我国合格的应用型网络与信息安全工程技术人才的过程中取得成功并不断完善，为我国信息安全事业做出自己的贡献。

高等学校电子信息类“十三五”规划教材
应用型网络与信息安全工程技术人才培养系列教材
名誉主编（中国密码学会常务理事）

何大可

二〇一六年九月

中国电子教育学会高教分会推荐
高等学校电子信息类“十三五”规划教材
应用型网络与信息安全工程技术人才培养系列教材

编审专家委员会名单

名誉主任：何大可（中国密码学会常务理事）

主任：张仕斌（成都信息工程大学信息安全学院副院长、教授）

副主任：李飞（成都信息工程大学信息安全学院院长、教授）

何明星（西华大学计算机与软件工程学院院长、教授）

苗放（成都大学计算机学院院长、教授）

赵刚（西南石油大学计算机学院院长、教授）

李成大（成都工业学院教务处处长、教授）

宋文强（重庆邮电大学移通学院计算机科学系主任、教授）

梁金明（四川理工学院计算机学院副院长、教授）

易勇（四川大学锦江学院计算机学院副院长、成都大学计算机学院教授）

宁多彪（成都东软学院计算机科学与技术系主任、教授）

编审专家委员：（排名不分先后）

叶安胜	黄晓芳	黎忠文	张洪	张蕾	贾浩	李飞
赵攀	陈雁	韩斌	李享梅	曾令明	何林波	盛志伟
林宏刚	王海春	索望	吴春旺	韩桂华	赵军	陈丁
秦智	王中科	林春蕾	张金全	王祖俪	蔺冰	王敏
万武南	甘刚	王焱	闫丽丽	昌燕	黄源源	张仕斌
王力洪	苟智坚	何明星	苗放	李成大	宋文强	梁金明
万国根	易勇	吴震	宁多彪	吕云山		



前 言

PREFACE

21 世纪人类已全面进入信息时代。信息时代的重要特征就是数字化、网络化和信息化。要实现信息化就必须依靠完善的网络，因为网络可以非常迅速地传递信息。正因如此，计算机网络现在已经成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础，它对社会生活的很多方面以及社会经济的发展正产生着不可估量的影响。

本书以作者近几年来在课堂教学与网络系统集成方面的实践体会为基础，参考大量文献，采用通俗易懂的语言编写而成。本书从实际网络工程应用出发，重点介绍了交换机、路由器相关的理论知识与配置技术，并提供了丰富的案例分析，以增强读者对交换与路由技术相关知识点的理解。全书共九章。第 1 章计算机网络技术基础，主要介绍了计算机网络的基本概念及相关知识点、网络中的重点协议、以太网相关概念、IP 地址及子网划分；第 2 章、第 3 章主要对网络中用到的交换技术进行讲解，重点介绍了交换机的相关知识和配置，是本书的重点章节；第 4 章、第 5 章和第 6 章对路由器、路由协议、访问控制列表、网络地址转换、热备用路由器协议、虚拟路由器冗余协议等重要的路由技术进行了讲解，并配以大量的实例，将理论运用到实际的配置中，也属于本书的重点章节；第 7 章主要对广域网技术进行了阐述，对 PPP 协议、X.25 协议及帧中继相关知识和配置进行了讲解；第 8 章主要对网络管理技术进行了阐述，并通过介绍 SNMP 协议、NetFlow 协议、交换机/路由器的 IOS 备份和升级、系统日志管理等相关管理技术，强化了在计算机网络的运维中网络管理的重要性；第 9 章为综合实例运用章节，采用了三个工程实例，引导读者分析客户需求，选择合适的交换与路由技术完成网络的设计、规划与实施，可作为课程的实训章节及上机参考。全书思路清晰，结构完整，内容全面，理论结合实际，读者既可以学到计算机网络的理论知识，也可以掌握一定的网络设计、搭建、配置与管理方面的实践技能。

编写本书的成员长期从事交换和路由技术课程的教学、科研及网络系统集成配置、售后服务工作，在“交换与路由技术”或“网络设备配置与管理”课程建设以及网络工程实践等方面具有非常丰富的经验。本书的特色是技术知识系统，讲解细致，全面

介绍了现实中的各中小型企业、学校等在网络设计及实施中常用的交换和路由技术，具有较强的工程应用参考价值。

全书第 1 章、第 7 章由吕云山老师编写，第 2 章、第 3 章由秦智老师编写，第 8 章、第 9 章由何林波老师编写，其余章节由李享梅老师编写。由于本书篇幅有限，对交换与路由技术所涉及的知识点不能一一详述，敬请读者谅解并多提宝贵意见。

由于编者的技术水平和写作能力有限，书中难免会有不妥和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2017 年 5 月



目 录

CONTENTS

第 1 章 计算机网络技术基础 1	
1.1 计算机网络概述..... 1	
1.1.1 计算机网络的分类..... 1	
1.1.2 计算机网络的拓扑结构..... 2	
1.1.3 网络传输介质..... 4	
1.2 计算机网络模型..... 11	
1.2.1 OSI 参考模型..... 11	
1.2.2 OSI 参考模型层次间的关系及 数据封装..... 13	
1.2.3 TCP/IP 模型..... 14	
1.3 重点协议介绍..... 15	
1.3.1 IP 协议..... 15	
1.3.2 TCP 协议..... 18	
1.3.3 UDP 协议..... 19	
1.3.4 ARP 协议..... 19	
1.3.5 ICMP 协议..... 20	
1.4 以太网..... 20	
1.4.1 以太网概述..... 20	
1.4.2 CSMA/CD..... 22	
1.4.3 以太网帧格式..... 23	
1.4.4 以太网技术的发展..... 25	
1.5 IP 地址及子网划分..... 27	
1.5.1 IP 地址..... 27	
1.5.2 IP 子网划分..... 29	
1.5.3 地址汇总..... 31	
本章小结..... 31	
习题与实验..... 32	
第 2 章 交换机及其基本配置 33	
2.1 交换机简介..... 33	
2.1.1 交换机的处理技术..... 33	
2.1.2 交换机的工作模式..... 34	
2.1.3 交换机的工作原理..... 35	
2.1.4 交换机的主要指标..... 36	
2.2 交换机的分类..... 38	
2.3 交换机基本配置..... 39	
2.3.1 使用交换机的命令行界面..... 40	
2.3.2 交换机的基本管理配置..... 44	
2.3.3 交换机接口的基本配置..... 50	
2.3.4 交换机设备口令及权限..... 52	
2.3.5 配置和管理 SSH..... 54	
2.3.6 查看交换机的系统和配置信息..... 55	
2.4 VLAN 简介..... 57	
2.4.1 VLAN 概述..... 57	
2.4.2 IEEE 802.1Q 协议..... 59	
2.4.3 Cisco ISL 协议..... 60	
2.5 VLAN 的相关配置..... 60	
2.5.1 单交换机的 VLAN 配置..... 60	
2.5.2 跨交换机的 VLAN 配置..... 64	
2.5.3 利用 GVRP 实现 VLAN..... 68	
2.5.4 Cisco VTP 的 VLAN 实现..... 72	
本章小结..... 76	
习题与实验..... 77	
第 3 章 交换机的高级配置 78	
3.1 生成树协议..... 78	
3.1.1 生成树协议概述..... 78	
3.1.2 STP 协议与 RSTP 协议..... 80	
3.1.3 生成树的配置..... 83	
3.2 链路聚合..... 89	
3.2.1 链路聚合概述..... 89	
3.2.2 链路聚合配置..... 90	
3.3 交换机的安全配置..... 94	
3.3.1 基于交换机端口的安全控制..... 94	
3.3.2 防止攻击的系统保护配置..... 99	
3.3.3 基于 IEEE 802.1x 的 AAA 服务..... 101	

本章小结.....	105	5.6.3 EIGRP 术语.....	171
习题与实验.....	105	5.6.4 EIGRP 的工作原理.....	174
第 4 章 路由器及其基本配置.....	107	5.6.5 IGRP 与 EIGRP 协议的配置.....	175
4.1 网络互连技术简介.....	107	本章小结.....	181
4.2 路由器简介.....	108	习题与实验.....	181
4.2.1 路由器的构成与启动.....	109	第 6 章 路由器的高级配置.....	182
4.2.2 路由器的接口.....	110	6.1 访问控制列表.....	182
4.2.3 路由器转发 IP 包流程.....	113	6.1.1 访问控制列表概述.....	182
4.3 路由器的类型.....	114	6.1.2 标准的访问控制列表.....	183
4.4 路由器的基本配置.....	115	6.1.3 扩展的访问控制列表.....	185
4.4.1 使用路由器的命令行界面.....	118	6.1.4 命名访问控制列表.....	187
4.4.2 路由器的基本管理配置.....	121	6.1.5 监视访问控制列表.....	189
4.4.3 路由器接口的基本配置.....	126	6.2 网络地址转换.....	190
4.4.4 路由器设备口令及权限.....	130	6.2.1 网络地址转换(NAT)概述.....	191
本章小结.....	131	6.2.2 配置静态 NAT.....	194
习题与实验.....	132	6.2.3 配置动态 NAT.....	195
第 5 章 路由协议及其配置.....	133	6.2.4 配置 NAPT.....	196
5.1 路由协议简介.....	133	6.2.5 重叠地址转换.....	197
5.1.1 路由概述.....	133	6.2.6 TCP 负载均衡地址转换.....	198
5.1.2 路由表.....	133	6.2.7 NAT 的问题与局限.....	199
5.1.3 路由协议与可路由协议.....	134	6.2.8 NAT 的配置示例.....	200
5.1.4 路由选择过程.....	135	6.3 热备用路由器协议(HSRP).....	203
5.2 直连路由.....	138	6.3.1 虚拟 MAC 地址.....	204
5.2.1 用 802.1Q 和子接口实现 VLAN 间路由.....	139	6.3.2 HSRP 定时器.....	204
5.2.2 用三层交换机实现 VLAN 间路由... ..	140	6.3.3 HSRP 的组角色.....	205
5.3 静态路由选择与配置.....	142	6.3.4 HSRP 的配置.....	206
5.4 RIP 协议及其配置.....	145	6.4 虚拟路由器冗余协议(VRRP).....	209
5.4.1 RIP 协议.....	145	6.4.1 VRRP 和 HSRP 的区别.....	209
5.4.2 RIP 协议的配置.....	146	6.4.2 VRRP 协议.....	210
5.5 OSPF 协议及其配置.....	152	6.4.3 VRRP 工作原理.....	211
5.5.1 OSPF 协议简介.....	152	6.4.4 VRRP 配置.....	212
5.5.2 OSPF 术语.....	153	本章小结.....	213
5.5.3 OSPF 的原理.....	157	习题与实验.....	213
5.5.4 OSPF 协议的配置.....	157	第 7 章 广域网基础及配置.....	215
5.6 IGRP 与 EIGRP 协议及其配置.....	170	7.1 广域网概述.....	215
5.6.1 IGRP 与 EIGRP 协议.....	170	7.1.1 概述.....	215
5.6.2 EIGRP 协议简介.....	171	7.1.2 X.25 协议.....	216
		7.1.3 帧中继.....	217

7.2 PPP 协议与配置	218	8.2.1 SNMP 协议概述	250
7.2.1 PPP 原理及运行过程	218	8.2.2 SNMP 协议报文格式	251
7.2.2 PPP 的验证方式	218	8.2.3 管理信息库	253
7.2.3 PPP 的配置	219	8.2.4 SNMPv2	254
7.2.4 PPP 的监控与维护	221	8.2.5 配置 SNMP	255
7.3 X.25 协议	224	8.3 NetFlow 协议	256
7.3.1 X.25 协议概述	224	8.3.1 NetFlow 协议概述	256
7.3.2 LAPB 协议及配置	226	8.3.2 NetFlow 协议的配置	258
7.3.3 X.25 协议配置与监控维护	229	8.4 其他网络管理协议	261
7.4 帧中继	239	8.4.1 CMIP 协议	261
7.4.1 帧中继概述	239	8.4.2 RMON 技术	261
7.4.2 帧中继协议相关配置	241	8.4.3 基于 Web 的网络管理技术	262
7.4.3 帧中继典型配置举例	243	8.5 交换机/路由器的 IOS 备份和升级	262
本章小结	244	8.6 系统日志管理	265
习题与实验	244	本章小结	267
第 8 章 网络管理技术	246	习题与实验	267
8.1 网络管理概述	246	第 9 章 综合实例	268
8.1.1 网络管理的概念	246	9.1 大型单核心网络实践	268
8.1.2 网络管理的功能	246	9.2 大型双核心校园网	274
8.1.3 网络管理的模式	248	9.3 中小企业双出口网络	280
8.1.4 网络管理的协议	249	本章小结	284
8.2 SNMP 协议	250	习题与实验	284

第1章 计算机网络技术基础

1.1 计算机网络概述

计算机网络是指将地理位置不同且功能相对独立的多个计算机系统通过通信线路相互连在一起,由专门的网络操作系统进行管理,以实现资源共享的系统。

“地理位置不同”是指计算机网络中的计算机通常都处于不同的地理位置;“功能相对独立”是指相互连接的计算机之间不存在互为依赖的关系;“通信线路”由通信介质和通信控制设备组成;组建计算机网络的根本目的是为了实现在资源共享,这里的资源既包括计算机网络中的硬件资源,如磁盘空间、打印机、绘图仪等,也包括软件资源,如程序、数据等;最后,为了在这些功能相对独立的计算机之间实现有效的资源共享,还必须提供具备网络软、硬件资源管理功能的系统软件,这种系统软件就是网络操作系统。

1.1.1 计算机网络的分类

在计算机网络的研究中,常见的网络分类方法有以下几种:

(1) 按通信所使用的介质将计算机网络分为有线网络和无线网络。所谓有线网络,是指采用有形的传输介质如铜缆、光纤等组建的网络;而使用微波、红外线等无线传输介质作为通信线路的网络就属于无线网络。

(2) 按使用网络的对象将计算机网络分为公众网络和专用网络。公众网络是指开放的、用于为公众提供网络服务的网络,如 Internet;而专用网络是指专门为特定的部门或应用而设计的网络,如银行系统的网络。

(3) 按网络传输技术将计算机网络分为广播式网络和点到点式网络。所谓广播式网络(broadcast network),是指网络中所有的计算机共享一条通信信道。广播式网络在通信时具备两个特点,一是任何一台计算机发出的消息都能够被其他连接到这条总线上的计算机收到;二是任何时间内只允许一个节点使用信道。而在点到点网络(point-to-point network)中,由一条通信线路连接两台设备,为了能从源端到达目的端,这种网络上的数据可能需要经过一台或多台中间设备。

(4) 按照网络传输速度的高低将计算机网络分为低速网络和高速网络。

(5) 按地理覆盖范围,可将网络划分为广域网、城域网和局域网。

在上述分类方法中,按地理覆盖范围对网络进行划分是目前最为常见的一种计算机网络分类方法。之所以如此,是因为地理覆盖范围的不同直接影响网络技术的实现与选择,

也就是说,局域网、城域网和广域网由于地理覆盖范围不同而具有明显不同的网络特性,并在技术实现和选择上存在明显差异。其中,局域网(Local Area Network, LAN)的覆盖范围大约是几公里以内,如一幢大楼内或一个校园内。局域网通常为使用单位所有,学校的实验室或中、小型公司的网络通常都属于局域网。城域网(Metropolitan Area Network, MAN)的覆盖范围大约是几公里到几十公里,它主要是满足城市、郊区的联网需求。例如,将某个城市中所有中小学互连起来所构成的网络就可以称为教育城域网。广域网(Wide Area Network, WAN)的覆盖范围一般是几十公里到几千公里以上,它能够在很大的范围内实现资源共享和信息传递。大家所熟悉的 Internet 就是广域网中最典型的例子。

1.1.2 计算机网络的拓扑结构

计算机网络是由多台独立的计算机通过通信线路连接起来的。然而,通信线路是如何把多个计算机连接起来的呢?能否把连接方式抽象出一种可描述的结构?如果能抽象出可描述的结构,其网络结构是否一样?如果不一样,它们各自的特点又是什么呢?对于以上这些问题的研究是十分必要的。

1. 拓扑结构的概念

所谓“拓扑”,就是把实体抽象成与其大小、形状无关的“点”,而把连接实体的线路抽象成“线”,进而以图的形式来表示这些点与线之间关系的方法,其目的在于研究这些点、线之间的相连关系。表示点和线之间关系的图被称为拓扑结构图。拓扑结构与几何结构属于两个不同的数学概念。在几何结构中,考察的是点、线之间的位置关系,或者说几何结构强调的是点与线所构成的图形的形状及大小。如梯形、正方形、平行四边形及圆都属于不同的几何结构,但从拓扑结构的角度的去看,由于它们的点、线间的连接关系相同,从而具有相同的拓扑结构即环型结构。也就是说,不同的几何结构可能具有相同的拓扑结构。

类似地,在计算机网络中,把计算机、终端、通信处理机等设备抽象成点,把连接这些设备的通信线路抽象成线,并将由这些点和线所构成的拓扑结构称为网络拓扑结构。网络拓扑结构反映网络的结构关系,它对于网络的性能、可靠性以及建设管理成本等都有着重要的影响,因此网络拓扑结构的设计在整个网络设计中占有十分重要的地位。网络在构建时,其拓扑结构往往是首先要考虑的因素之一。

2. 常见的网络拓扑结构

1) 总线型网络

由一条高速公用总线连接若干个节点所形成的网络即为总线型网络,其拓扑结构如图 1-1(a)所示。

总线型网络的特点主要是结构简单灵活,便于扩充,是一种很容易建造的网络。由于多个节点共用一条传输信道,故总线型网络的信道利用率高,但容易产生访问冲突。总线型网络的传输速率高,可达 1~100 Mb/s。但是,总线型网络常因总线上任一处出现故障(如接头接触不良等)而导致整个网络不通,因此可靠性不高。

2) 环型网络

环型网络中各节点通过环路接口连在一条首尾相连的闭合环形通信线路中,拓扑结构如图 1-1(b)所示,环上任何节点均可请求发送信息。

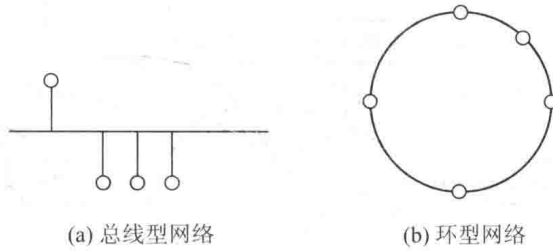


图 1-1 总线型和环型网络拓扑

环型网络的主要特点是信息在网络中沿固定方向流动，两个节点间仅有唯一的通路，大大简化了路径选择的控制；某个节点发生故障时，可以自动旁路，可靠性较高；由于信息是串行穿过多个节点环路接口的，故当节点过多时，网络响应时间变长。但当网络确定后，其延时固定，实时性强。

3) 星型网络

星型网络是由以中央节点为中心与各节点连接组成的网络，其中多节点与中央节点通过点到点的方式连接。星型网络拓扑结构如图 1-2(a)所示，中央节点执行集中式控制策略，因此中央节点相当复杂，负担比其他各节点重得多。

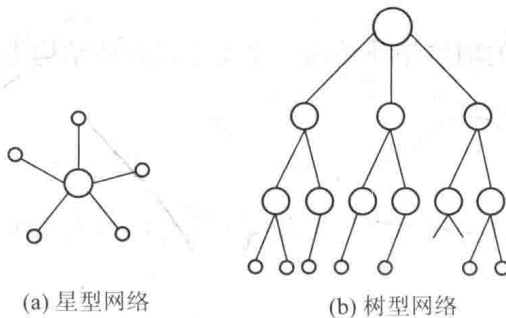


图 1-2 星型和树型网络拓扑

星型网络的特点是网络结构简单，便于管理；控制简单，建网容易；网络延迟时间较短，误码率较低；网络共享能力较差；通信线路利用率不高；中央节点负荷太重。

4) 树型网络

在实际建造一个大型网络时，往往采用多级星型网络。将多级星型网络按层次排列即形成树型网络，其拓扑结构如图 1-2(b)所示。我国电话网络即采用树型结构，其由五级星型网构成；因特网(Internet)从整体上看也是采用树型结构。

树型网络的主要特点是结构比较简单，成本低；在网络中，任意两个节点之间不产生回路，每个链路都支持双向传输；网络中节点扩充方便灵活，寻找链路路径比较方便。但在这种网络系统中，除叶节点及其相连的链路外，任何一个节点或链路产生的故障都会影响整个网络。

5) 网状网络

网状网络如图 1-3 所示，其为分组交换网示意图。图中虚线以内部分为通信子网，每个节点上的计算机称为节点交换机；虚线以外的计算机(Host)和终端设备统称为数据处理子网或资源子网。

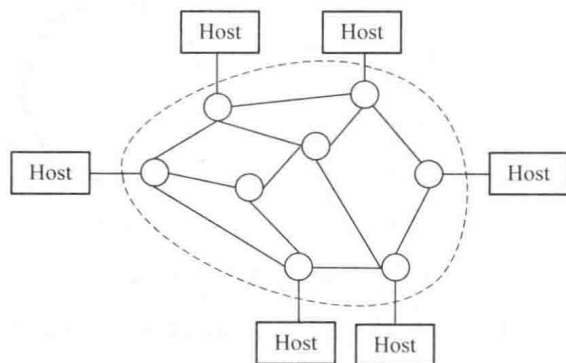


图 1-3 网状网络拓扑结构

网状网络是广域网中最常采用的一种网络形式，是典型的点到点结构。网状网的主要特点是，网络可靠性高；一般通信子网任意两个节点交换机之间都存在着两条或两条以上的通信路径。这样，当一条路径发生故障时，还可以通过另一条路径把信息送到节点交换机。另外，网络可扩充性好，无论是要增加新功能，还是要将另一台新的计算机入网，以形成更大或更新的网络，都比较方便；网络可建成各种形状，采用多种通信信道和多种传输速率。

以上介绍了五种基本的网络拓扑结构，事实上以这些结构为基础，还可构造出一些复合型的网络拓扑结构。

1.1.3 网络传输介质

计算机网络传输介质按传输方式分为有线传输介质和无线传输介质两类。

1. 有线传输介质

有线传输介质通常按介质种类分为三种：同轴电缆、双绞线、光纤。

1) 同轴电缆

同轴电缆(Coaxial Cable)，英文简称为“Coax”。

在 20 世纪 80 年代，它是 Ethernet 网络的基础，并且是持续多年的最流行的传输介质。然而，随着时间的推移，在大部分现代局域网中，双绞线电缆逐渐取代了同轴电缆。同轴电缆包括：由绝缘层包围着的一根中央铜线、一个网状金属屏蔽层以及一个塑料封套。图 1-4 描绘了一种典型的同轴电缆结构。

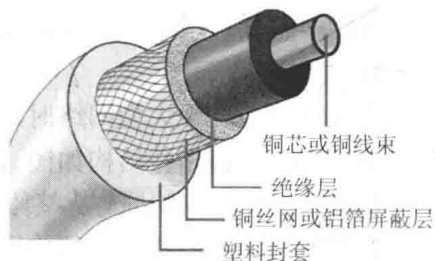


图 1-4 同轴电缆示意图

在同轴电缆中，铜线传输电磁信号；网状金属屏蔽层一方面可以屏蔽噪声，另一方面可以作为信号地；绝缘层通常由陶制品或塑料制品组成，例如聚乙烯(PVC)或特氟龙，它将铜线与金属屏蔽物隔开，若这两者接触，电线将会短路；塑料封套可使电缆免遭物理性破坏，它通常由柔韧性好的防火塑料制品制成。同轴电缆的绝缘层和防护屏蔽层使得它对噪声干扰有较高的抵抗力。在信号放大之前，同轴电缆比双绞线电缆将信号传输得更远。另一方面，同轴电缆要比双绞线电缆昂贵得多，并且通常只支持较低的吞吐量。同轴电缆还要求网络段的

两端通过一个电阻器进行终结。

同轴电缆根据其直径大小可以分为粗同轴电缆与细同轴电缆。粗缆适用于比较大型的局部网络，它的标准距离长，可靠性高，由于安装时不需要切断电缆，因此可以根据需要灵活调整计算机的入网位置，但粗缆网络必须安装收发器电缆，安装难度大，所以总体造价高。相反，细缆安装则比较简单，造价低，但由于安装过程要切断电缆，两头需装上基本网络连接头(BNC)，然后接在 T 型连接器两端，所以当接头多时容易产生不良的隐患，这是在以前局域网中所发生的最常见的故障之一。

无论是粗缆还是细缆，均为总线型拓扑结构，即一根电缆上可以接多部机器，这种拓扑适用于机器密集的环境，但是当一触点发生故障时，会串联影响到整根电缆上的所有机器，其故障的诊断和修复都很麻烦。因此，同轴电缆将逐步被非屏蔽双绞线或光缆取代。

同轴电缆的优点是可以在相对长的无中继器的线路上支持高带宽通信，而其缺点也是显而易见的：一是体积大，细缆的直径就有 3/8 英寸(1 英寸=2.54 cm)，要占用电缆管道的大量空间；二是不能承受缠结、压力和严重的弯曲，这些都会损坏电缆结构，阻止信号的传输；最后就是成本高。所有这些缺点都是双绞线能克服的，因此在现在的局域网环境中，同轴电缆通信规范基本已被基于双绞线的以太网物理层规范所取代。

2) 双绞线

双绞线(Twisted Pair, TP)是综合布线工程中最常用的一种传输介质，是由两根具有绝缘保护层的铜导线组成的。把两根绝缘的铜导线按一定密度互相绞在一起，每一根导线在传输中辐射出来的电波都会被另一根导线上发出的电波抵消，从而有效降低信号干扰的程度。双绞线一般由两根 22~26 号绝缘铜导线相互缠绕而成。如果把一对或多对双绞线放在一个绝缘套管中便成了双绞线电缆，如图 1-5 所示。在双绞线电缆(也称双扭线电缆)内，不同线对具有不同的扭绞长度，一般来说，扭绞长度在 14 cm 至 38.1 cm 时，按逆时针方向扭绞，相临线对的扭绞长度在 12.7 cm 以上。与其他传输介质相比，双绞线在传输距离、信道宽度和数据传输速度等方面均受到一定限制，但价格较为低廉。目前，双绞线可分为非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted Pair, UTP)和屏蔽双绞线(Shielded Twisted Pair, STP)。

虽然双绞线主要是用来传输模拟声音信息的，但同样适用于数字信号的传输，特别适用于较短距离的信息传输。在传输期间，信号的衰减比较大，并且产生波形畸变。采用双绞线的局域网的带宽取决于所用导线的质量、长度及传输技术。只要精心选择和安装双绞线，就可以在有限距离内达到几百万位每秒的可靠传输率。当距离很短，并且采用特殊的电子传输技术时，传输率可达 100~155 Mb/s。由于利用双绞线传输信息时信号会向周围辐射，信息很容易被窃听，因此要采取其它措施加以屏蔽。屏蔽双绞线电缆的外层由铝箔包裹，可以减小辐射，但并不能完全消除辐射。屏蔽双绞线电缆价格相对较高，安装时要比非屏蔽双绞线电缆困难。类似于同轴电缆，它必须配有支持屏蔽功能的特殊连接器和相应的安装技术。但它有较高的传输速率，100 米以内可达到 155 Mb/s。

另外，非屏蔽双绞线电缆具有以下优点：

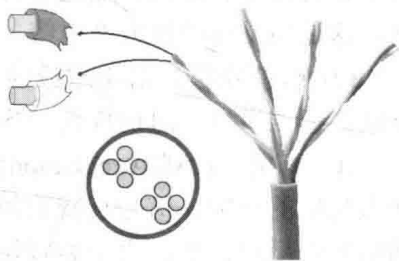


图 1-5 双绞线电缆

- 无屏蔽外套，直径小，节省所占用的空间；
- 重量轻，易弯曲，易安装；
- 可将串扰减至最小或加以消除；
- 具有阻燃性；
- 具有独立性和灵活性，适用于结构化综合布线。

(1) 规格型号：EIA/TIA 为双绞线电缆定义了五种不同质量的型号。计算机网络综合布线使用第三、四、五类。这五种型号电缆的特性如下：

第一类：主要用于传输语音(这一类标准主要用于 20 世纪 80 年代初之前的电话线缆)，不用于数据传输。

第二类：传输频率为 1 MHz，用于语音传输和最高传输速率为 4 Mb/s 的数据传输，常见于使用 4 Mb/s 规范令牌传递协议的旧的令牌网。

第三类：指目前在 ANSI 和 EIA/TIA568 标准中指定的电缆。该电缆的传输频率为 16 MHz，用于语音传输和最高传输速率为 10 Mb/s 的数据传输，主要用于 10base-T 网络。

第四类：该类电缆的传输频率为 20 MHz，用于语音传输和最高传输速率为 16 Mb/s 的数据传输，主要用于基于令牌的局域网和 10base-T/100base-T 网络。

第五类：该类电缆增加了绕线密度，外套一种高质量的绝缘材料，传输频率为 100 MHz，用于语音传输和最高传输速率为 100 Mb/s 的数据传输，主要用于 100base-T 和 10base-T 网络，这是最常用的以太网电缆。

(2) 性能指标：对于双绞线，用户最关心的是表征其性能的几个指标。这些指标包括衰减、近端串扰、阻抗特性、分布电容、直流电阻等。

① 衰减。衰减(Attenuation)是沿链路的信号损失的度量。衰减与线缆的长度有关系，随着长度的增加，信号衰减也随之增加。衰减用“db”作单位，表示源传送端信号到接收端信号强度的比率。由于衰减随频率而变化，因此，应测量在应用范围内的全部频率上的衰减。

② 近端串扰。串扰分近端串扰(NEXT)和远端串扰(FEXT)两种。测试仪主要是测量 NEXT，由于存在线路损耗，因此 FEXT 的量值影响较小。NEXT 损耗是测量一条 UTP 链路中从一对线到另一对线的信号耦合。对于 UTP 链路，NEXT 是一个关键的性能指标，也是最难精确测量的一个指标。随着信号频率的增加，其测量难度将加大。

NEXT 并不表示在近端点所产生的串扰值，它只是表示在近端点所测量到的串扰值。这个量值会随电缆长度不同而变化，电缆越长，其值越小。同时发送端的信号也会衰减，对其它线对的串扰也相对减小。实验证明，只有在 40 m 内测量得到的 NEXT 是较真实的。如果另一端是远于 40 m 的信息插座，那么它会产生一定程度的串扰，但测试仪可能无法测量到这个串扰值。因此，最好在两个端点都进行 NEXT 测量。现在的测试仪都配有相应设备，使得在链路一端就能测量出两端的 NEXT 值。

③ 直流电阻。TSB67 规模的双绞线无此参数。直流环路电阻会消耗一部分信号，并将其转变成热量。它是指一对导线电阻的和。11801 规格的双绞线的直流电阻不得大于 19.2 Ω 。每对线间的差异不能太大(小于 0.1 Ω)，否则表示接触不良，必须检查连接点。

④ 特性阻抗。与环路直流电阻不同，特性阻抗包括电阻和频率为 1~100 MHz 的电感阻抗及电容阻抗，它与一对电线之间的距离及绝缘体的电气性能有关。各种电缆有不同的