

中兴通讯NC教育系列教材

IP网络技术

● 许圳彬 王田甜 胡佳 刘东丰 曾凡麟 马荣 罗慧军 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中兴通讯NC教育系列教材

IP网络技术

● 许圳彬 王田甜 胡佳 刘东丰 曾凡麟 马荣 罗慧军 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

IP网络技术 / 许圳彬等编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2012.8 (2014.8 重印)
中兴通讯NC教育系列教材
ISBN 978-7-115-28768-7

I. ①I… II. ①许… III. ①计算机网络—通信协议—教材 IV. ①TN915.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第162677号

内 容 提 要

本书全面介绍了现代网络通信技术的基本原理及其应用。全书共 12 章,分为三篇,基础篇、任务篇和案例篇。基础篇第 1 章至第 3 章,内容包括计算机网络概述,OSI 参考模型与 TCP/IP 协议族,IPv4 编址方法。任务篇第 4 章至第 7 章,内容包括网络硬件设备介绍和基本操作,局域网基本技术及应用,生成树 (STP) 协议原理及应用,链路聚合原理及应用,端口镜像基本原理及应用,路由技术基础,RIP 路由协议基本原理及应用,OSPF 路由协议基本原理及应用,网络扩展技术及应用。案例篇第 8 章至第 12 章,内容包括交换技术典型案例分析,路由技术典型案例分析,网络安全技术经典案例分析,网络可靠性经典案例分析,网络通信系统项目方案的设计。本书以经典任务及案例为单元,全面、系统地介绍了网络通信技术的应用及发展。

本书适用于高职高专或本科计算机网络技术(工程)专业和计算机类的其他专业计算机网络课程的教学,亦可供从事计算机网络工程技术和管理人员参考。

中兴通讯 NC 教育系列教材

IP 网络技术

◆ 编 著 许圳彬 王田甜 胡 佳 刘东丰
曾凡麟 马 荣 罗慧军

责任编辑 李 静

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15 2012 年 8 月第 1 版
字数: 344 千字 2014 年 8 月北京第 4 次印刷

ISBN 978-7-115-28768-7

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

前 言

本教材是为适应高职、高专院校计算机网络技术（工程）专业的教学需求，贯彻落实 21 世纪高等职业教育应用型人才培 养规格，实施“知识、能力、素质、创新”的教改思想和教学方法而编写的。

IP 网络技术是当今计算机科学技术最热门的分支之一。随着因特网技术的迅速发展，IP 网络技术得到越来越广泛的应用，网络新设备不断涌现，人们越来越期望了解和掌握 IP 网络技术。IP 网络技术在过去的几十年里得到了快速的发展，尤其是近十多年来，Internet 网络迅速深入到社会的各个层面，对科学、技术、经济、产业乃至人类的生活都产生了质的影响。在 IP 网络技术快速发展的新形势下，IP 网络的教学已成为计算机类专业及相关专业的重要课程，各高校的计算机、通信、网络、电子等专业陆续开设了这门课。本教材从基本的原理谈起，结合中兴设备进行了详细的讲述，可使学生掌握 IP 网络技术原理、网络产品数据配置及维护知识，读者能较快了解目前网络技术的最新进展和实际应用。

本书紧密结合 MIMPS 教学方法，分为基础篇、任务篇和案例篇三个模块。

一、基础篇设计的主要目的是夯实学生基础，主要介绍了网络的基本概念、OSI 参考模型和 TCP/IP 协议族，重点详解了 IPv4 的编址方法。

二、任务篇设计立足于行业需求，以研究型任务为驱动，分层设置大量经典实用性内容，培养学生的设计能力、计划能力、合作能力和表达能力，并实现多方位评价，帮助学生认识自己的优势和不足。任务篇主要介绍了交换技术、路由技术和扩展应用三个模块。

- 交换技术包括交换机工作原理、VLAN 原理、STP 协议、链路聚合和端口镜像技术。
- 路由技术包括路由基础、路由信息协议（RIP）和开放最短路径优先协议（OSPF）。
- 扩展应用包括访问控制列表（ACL）、网络地址转换（NAT）、动态主机配置协议（DHCP）和虚拟路由器冗余协议（VRRP）。

三、案例篇设计以就业为导向，侧重于问题解决和故障排查，更加符合实际工作模型及企业发展趋势，突出实用以解决实际岗位问题为核心，获取相当于 2 年的工作经验。案例篇主要结合现网经典项目和工程实践，从交换、路由、安全和应用等方向精选了多个案例。

本教材的编写以培养学生的应用能力为主要目标，理论与实践并重，并强调理论与实践相结合。在内容编排上，力求循序渐进、举一反三、突出重点、通俗易懂；既注重培养学生分析问题的能力，也注意培养学生思考、解决问题的能力，使学生真正做到学以致用。

本教材适用于高职高专或本科计算机网络技术（工程）专业和计算机类的其他专业计算机网络课程的教学，亦可供从事计算机网络工程技术和管理人员参考。

感谢您使用本教材，我们的点滴进步都离不开您的支持和帮助，对于教材中错漏之处，恳请批评指正！

本教材相关课件请访问人民邮电出版社网站：www.ptpress.com.cn。

编者

目 录

基 础 篇

第 1 章 计算机网络概述	3
1.1 计算机网络的定义和功能	3
1.2 计算机网络的演进	4
1.3 计算机网络的分类	5
1.4 计算机网络的性能指标	6
1.5 计算机网络的拓扑结构	8
1.6 计算机网络相关的标准化组织	9
第 2 章 OSI 参考模型与 TCP/IP 协议族	12
2.1 OSI 参考模型	12
2.1.1 OSI 参考模型的层次结构	13
2.1.2 OSI 参考模型各层的功能	14
2.1.3 OSI 的数据封装过程	17
2.2 TCP/IP 协议族	19
2.2.1 TCP/IP 与 OSI 参考模型的比较	19
2.2.2 TCP/IP 协议族的层次结构	20
2.2.3 TCP/IP 协议族应用层协议	20
2.2.4 TCP/IP 协议族传输层协议	21
2.2.5 网络层协议 IP	25
第 3 章 IPv4 编址方法	32
3.1 IPv4 地址概述	32
3.1.1 IPv4 地址分类	33
3.1.2 保留的 IP 地址	34
3.1.3 可用主机 IP 地址数量的计算	35
3.2 带子网划分的编址	35
3.2.1 子网掩码	36
3.2.2 IP 地址的计算	37
3.2.3 可变长子网掩码	37

任 务 篇

第 4 章 网络设备配置与管理	41
4.1 任务一：交换机的基本操作	41
4.1.1 预备知识	41
4.1.2 典型任务：交换机的基本操作	54
4.1.3 任务拓展	61
4.2 任务二：路由器的基本操作	61
4.2.1 预备知识	61
4.2.2 典型任务	64
4.2.3 任务拓展	64
第 5 章 局域网搭建	66
5.1 任务一：VLAN 技术数据配置与应用	66
5.1.1 预备知识	66
5.1.2 典型任务：VLAN 的配置及应用	74
5.1.3 任务拓展	76
5.2 任务二：STP 配置及应用	77
5.2.1 预备知识	77
5.2.2 典型任务：STP 配置及应用	85
5.2.3 任务拓展	86
5.3 任务三：链路聚合配置及应用	87
5.3.1 预备知识	87
5.3.2 典型任务：链路聚合配置及应用	89
5.3.3 任务拓展	91
5.4 任务四：交换机端口镜像	91
5.4.1 预备知识	91
5.4.2 任务实施：交换机端口镜像配置	93
5.4.3 任务拓展	94
第 6 章 实现网络间互联	96
6.1 任务一：静态路由的配置及应用	96
6.1.1 预备知识	96
6.1.2 典型任务：静态路由的配置	100
6.1.3 任务拓展	102
6.2 任务二：RIP 的配置及应用	103
6.2.1 预备知识	103
6.2.2 典型任务：RIP 的配置	107
6.2.3 任务拓展	110

6.3 任务三：OSPF 的配置及应用	110
6.3.1 预备知识	110
6.3.2 典型任务：OSFP 的配置	131
6.3.3 任务拓展	134
第 7 章 网络扩展技术及应用	137
7.1 任务一：ACL 技术配置及其应用	137
7.1.1 预备知识	137
7.1.2 典型任务：ACL 的配置及应用	142
7.1.3 任务拓展	145
7.2 任务二：NAT 技术配置及其应用	145
7.2.1 预备知识	145
7.2.2 典型任务：NAT 的配置及应用	147
7.2.3 任务拓展	151
7.3 任务三：DHCP 配置及应用	151
7.3.1 预备知识	151
7.3.2 典型任务：DHCP 配置及应用	158
7.3.3 任务拓展	161
7.4 任务四：VRRP 配置及应用	162
7.4.1 预备知识	162
7.4.2 典型任务：VRRP 配置及应用	168
7.4.3 任务拓展	169

案 例 篇

第 8 章 交换技术典型案例	173
8.1 案例一：链路聚合失效导致业务中断	173
8.1.1 预备知识	173
8.1.2 关键词	173
8.1.3 组网拓扑	173
8.1.4 案例描述	174
8.1.5 分析思路	174
8.1.6 故障定位	174
8.1.7 处理过程	174
8.1.8 配置参考	174
8.1.9 案例总结	175
8.2 案例二：设备之间端口不匹配导致丢包	175
8.2.1 预备知识	175
8.2.2 关键词	175

8.2.3	组网拓扑	175
8.2.4	案例描述	176
8.2.5	分析思路	176
8.2.6	故障定位	176
8.2.7	处理过程	176
8.2.8	配置参考	176
8.2.9	案例总结	176
第 9 章	路由技术经典案例	178
9.1	案例一：路由配置不当导致的路由环路	178
9.1.1	预备知识	178
9.1.2	关键词	178
9.1.3	组网拓扑	178
9.1.4	案例描述	178
9.1.5	分析思路	179
9.1.6	故障定位	179
9.1.7	处理过程	179
9.1.8	配置参考	179
9.1.9	案例总结	180
9.2	案例二：OSPF 特殊区域发布默认路由导致业务中断	180
9.2.1	预备知识	180
9.2.2	关键词	180
9.2.3	组网介绍	180
9.2.4	故障描述	181
9.2.5	分析思路	181
9.2.6	故障定位	183
9.2.7	处理过程	183
9.2.8	配置参考	184
9.2.9	案例总结	184
第 10 章	网络安全技术经典案例	185
10.1	案例一：ARP 病毒攻击导致用户无法上网故障	185
10.1.1	预备知识	185
10.1.2	关键词	185
10.1.3	网络拓扑	185
10.1.4	案例描述	186
10.1.5	分析思路	186
10.1.6	处理过程	186
10.1.7	配置参考	186

10.1.8 案例总结	187
10.2 案例二：病毒导致网吧用户掉线故障	187
10.2.1 预备知识	187
10.2.2 关键词	187
10.2.3 组网拓扑	187
10.2.4 案例描述	188
10.2.5 分析思路	188
10.2.6 处理过程	189
10.2.7 配置参考	189
10.2.8 案例总结	190
第 11 章 网络可靠性经典案例	191
11.1 案例一：VRRP 配置不当引起业务中断的故障	191
11.1.1 预备知识	191
11.1.2 关键词	191
11.1.3 组网拓扑	191
11.1.4 案例描述	192
11.1.5 分析思路	192
11.1.6 处理过程	192
11.1.7 配置参考	192
11.1.8 案例总结	193
11.2 案例二：能 Trace 但不能 ping 通故障	193
11.2.1 预备知识	193
11.2.2 关键词	193
11.2.3 组网拓扑	193
11.2.4 案例描述	193
11.2.5 分析思路	194
11.2.6 处理过程	194
11.2.7 配置参考	194
11.2.8 案例总结	195
11.3 案例三：Wireshark 使用指导与实践	195
11.3.1 内容摘要	195
11.3.2 关键词	196
11.3.3 应用背景	196
11.3.4 Wireshark 与 Ethereal 的关系	196
11.3.5 Wireshark 的界面	196
11.4.1 捕捉过滤器 Capture Filter	197
11.4.2 显示过滤器 Display Filter	199
11.5 统计工具	202

11.5.1	综合 Summary	203
11.5.2	协议层 Protocol Hierarchy	204
11.5.3	输入输出图 IO Graphs	204
11.5.4	实践情况	205
11.5.5	参考资料	207
第 12 章	项目方案设计	208
12.1	项目概述	208
12.2	用户需求分析	208
12.2.1	现状	208
12.2.2	目前网络结构的问题	209
12.2.3	网络改造需求	211
12.3	建设目标及设计原则	211
12.3.1	总体目标	211
12.3.2	系统设计原则	212
12.4	网络系统总体设计说明	212
12.4.1	网络系统设计	212
12.4.2	服务器系统设计	212
12.4.3	网络安全设计	213
12.4.4	网络管理设计	213
12.5	网络系统详细设计	213
12.5.1	总体网络拓扑结构	213
12.5.2	路由协议规划设计	215
12.5.3	IP 地址、VLAN 规划及域名分配	216
12.5.4	网络安全及技术	218
12.5.5	网络管理设计	221
12.6	推荐产品选型	222
12.6.1	设备选型原则	222
12.6.2	设备选型	223
12.6.3	产品清单	225
附录 A	参考答案	227
附录 B	缩略语	228

基础篇

第 1 章 计算机网络概述

【内容概述】

本章作为理论基础，设计的主要目的就是让您了解什么是网络，网络有哪些功能和网络的一些基本概念。

通过本章的学习，不仅能帮您了解这些基础知识，还能为学习后续章节打下良好的基础。如果您熟悉这些基本知识，可以直接跳到第 2 章“OSI 参考模型与 TCP/IPN 协议族”开始阅读。

【知识要点】

1. 计算机网络的定义。
2. 计算机网络的分类。
3. 计算机网络的性能指标。
4. 计算机网络的拓扑结构。
5. 计算机网络标准化组织。

1.1 计算机网络的定义和功能

计算机网络由一组计算机及相关设备与传输介质组成，可以相互通信，交换信息，共享外部设备（如硬盘与打印机），共享存储能力与处理能力，并可访问远程主机或其他网络。我们通常所说的数据通信网络就是指计算机网络。

一般来说，计算机网络可以提供以下主要功能。

1. 资源共享

计算机网络的出现使资源共享变得很简单，交流的双方可以跨越空间的障碍随时随地传递信息。

2. 信息传输与集中处理

数据是通过网络传递到服务器中，由服务器集中处理后再回送到终端。

3. 负载均衡与分布处理

举个典型的例子：一个大型 ICP（Internet 内容提供商）为了支持更多的用户访问他的网站，在全世界多个地方放置了相同内容的 WWW（World Wide Web）服务器；通过一定技术使不同地域的用户看到放置在离他最近的服务器上的相同页面，这样来实现各

服务器的负荷均衡，同时用户也节省了访问时间。

4. 综合信息服务

计算机网络的一大发展趋势是多维化，即在一套系统上提供集成的信息服务，包括政治、经济等各方面的信息资源，同时还提供多媒体信息，如图像、语音、动画等。在多维化发展的趋势下，许多网络应用的新形式不断涌现，如电子邮件（E-mail）、视频点播（VOD, Video On Demand）、电子商务（E-Commerce）、视频会议（Video Conference）等。

1.2 计算机网络的演进

计算机网络的演进分为四个阶段，如图 1-1 所示。



图 1-1 计算机网络的演进

第一阶段：单终端系统与多终端系统

早期的计算机由于功能不强，体积庞大，是单机运行的，需要用户到机房上机。为解决不便，人们在远离计算机的地方设置远程终端，并在计算机上增加通信控制功能，经线路连接输送数据进行成批处理，这就产生了具有通信功能的单终端联机系统。1952年，美国半自动地面防空系统的科研人员首次把远程雷达或其他测量设备的信息通过通信线路汇接到一台计算机上，进行集中处理和控制在。

20世纪60年代初，美国航空公司与IBM联手研究并首先建成了由一台计算机遍布全美2000多个终端组成的美国航空订票系统（SABRE-1）。在该系统中，各终端采用多条线路与中央计算机连接。SABRE-1系统的特点是出现了通信控制器和前端处理机，采用了实时、分时与分批处理的方式，提高了线路的利用率，使通信系统发生了根本变革。

严格意义上讲，第一阶段远程终端与分时系统的主机相连的形式并不能算作计算机网络。

第二阶段：计算机网络——多机系统

1969年9月，美国国防部高级研究计划所和十几个计算机中心一起研制出了ARPA网，该网的目的是将若干大学、科研机构公司的多台计算机连接起来，实现资源共享。ARPANET是第一个较为完善地实现了分布式资源共享的网络。

20世纪70年代后期，在全世界已经出现了为数众多的计算机网络，并且各个计算

机网络均为封闭状态。

国际标准化组织在 1977 年开始着手研究网络互连问题，并在不久以后，提出了一个能使各种计算机在世界范围内进行互连的标准框架，也就是开放系统互连参考模型。

第三阶段：互联网——多网络系统

互联网是全球范围的计算机网络，它属于网络—网络的系统，在全球已有几万个网络进行互连。互联网成功地采用了 TCP/IP，使网络可以在 TCP/IP 体系结构和协议规范的基础上进行互连。1983 年，伯克利加州大学开始推行 TCP/IP，并建立了早期的互联网。

进入 20 世纪 90 年代，互联网进入了高速发展时期，到了 21 世纪，互联网的应用越来越普及，互联网已进入我们生活的方方面面。

第四阶段：未来发展——物联网等其他以互联网为核心的网络

物联网的英文名称叫“The Internet of Things”，简言之就是“物物相连的互联网”。

物联网的定义是：通过信息传感设备，按约定的协议实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络，其主要特征是通过射频识别、传感器等方式获取物理世界的各种信息，结合互联网等网络进行信息的传送与交互，采用智能计算技术对信息进行分析处理，从而提高对物质世界的感知能力，实现智能化的决策和控制。

物联网已经进入我们的生活。并且在智能医疗、智能电网、智能交通、智能家居、智能物流等多个领域得到应用，在其形成系列产业链的同时，也必将产生大规模的创业效益。以互联网为核心和基础的物联网将会是未来的主要发展趋势。

1.3 计算机网络的分类

按照覆盖范围，计算机网络可以分为局域网（LAN）、城域网（MAN）和广域网（WAN）。

局域网（LAN）是一个高速数据通信系统，它在较小的区域内将若干独立的数据设备连接起来，使用户共享计算机资源。局域网的地域范围一般只有几千米。局域网的基本组成包括服务器、客户机、网络设备和通信介质。通常局域网中的线路和网络设备的拥有、使用、管理一般都是属于用户所在公司或组织的。

城域网（MAN）是数据网的另一个例子，它在区域范围和数据传输速率两方面与 LAN 有所不同，其地域范围从几千米至几百千米，数据传输速率可以从几千比特每秒到几吉比特每秒。MAN 能向分散的局域网提供服务。对于 MAN，最好的传输媒介是光纤，因为光纤能够满足城域网在支持数据、声音、图形和图像业务上的带宽容量和性能要求。

广域网（WAN）覆盖范围为几百千米至几千千米，由终端设备、节点交换设备和传送设备组成。一个广域网的骨干网络常采用分布式网络网状结构，在本地网和接入网中通常采用的是树型或星型连接。广域网的线路与设备的所有权与管理权一般是属于电信服务提供商，而不属于用户。

目前，Internet 已经发展到全球的范围，Internet 是由许多小的网络（子网）互联而成的一个逻辑网，每个子网中连接着若干台计算机（主机）。Internet 以相互交流信息资源为目的，基于一些共同的协议，并通过许多路由器和公共互联网相互连接而成，它是一个信息资源和资源共享的集合。

1.4 计算机网络的性能指标

计算机网络的性能指标主要包含：速率、带宽、吞吐量、时延、RTT（往返时间）等。

1. 速率

网络技术中的速率是指连接在计算机网络上的主机在数字信道上的传输速率，也称为数据率或比特率。速率的单位是 bit/s（比特每秒）；日常生活中所说的常常是额定速率或标称速率。

注：

比特是计算机中数据量的单位，比特来源于 Binary Digit，意思是一个“二进制位”。一个比特就是二进制数字中的一位，为 1 或者 0。

2. 带宽

计算机网络中，带宽用来表示网络的通信线路所能传送数据的能力，因此网络带宽表示在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的“最高数据率”。

带宽的单位是 bit/s（比特每秒），常用的带宽单位有：

- 千比特每秒，即 kbit/s
- 兆比特每秒，即 Mbit/s
- 吉比特每秒，即 Gbit/s
- 太比特每秒，即 Tbit/s

其中， $k=2^{10}$ ， $M=2^{20}$ ， $G=2^{30}$ ， $T=2^{40}$ 。

注：

家用的 2Mbit/s 带宽，为什么下载速度最高只有 256kB/s？kB 为千字节，8bit 是 1 字节（Byte）也就是大写的 B。

所以 $2\text{Mbit/s}=2048\text{kbit/s}=256\text{kB/s}$ 。

3. 吞吐量

吞吐量表示在单位时间内实际通过某个网络（或信道接口）的数据量。吞吐量更经常用于对现实世界网络的一种度量，以便知道实际到底有多少数据能够通过网络。

吞吐量的单位是 bit/s（比特每秒）。

注：

举个简单的例子，打开任务管理器，在联网那一栏，线路传输速率 100Mbit/s 是介质可提供的最大带宽，网络使用率 $20\% \times 100\text{Mbit/s}$ 就是实际吞吐量。显然，由于受到带宽或传输速率的限制，实际的网络吞吐量远远小于介质本身可以提供的最大带宽。
