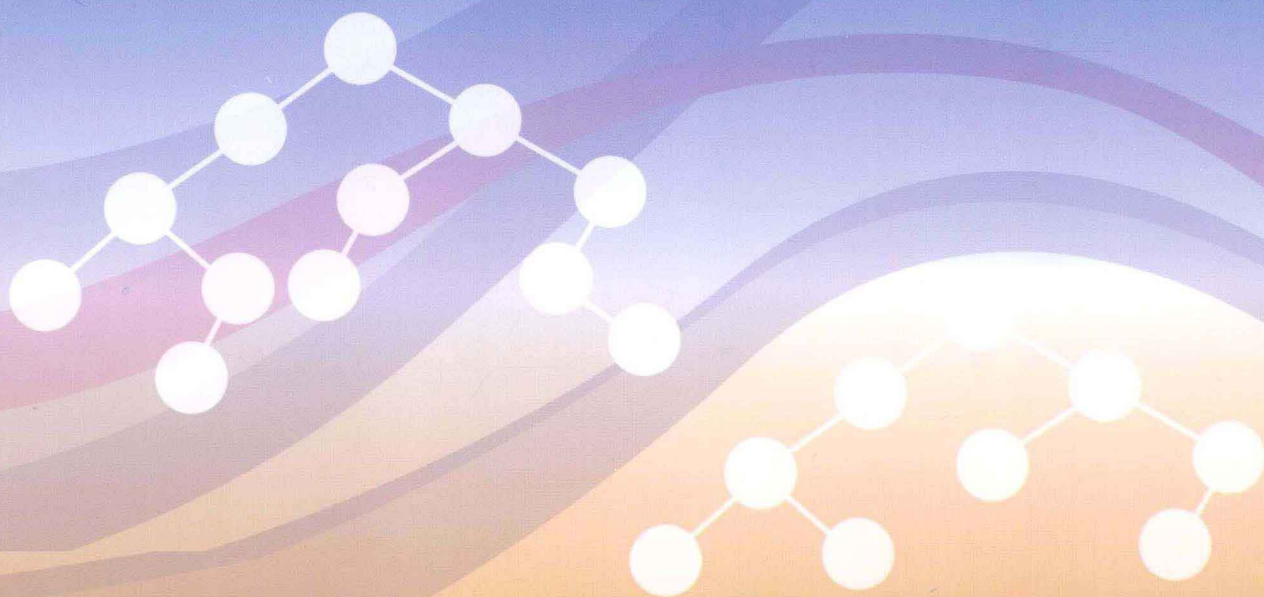


高等学校计算机专业规划教材

计算机网络原理

——基于实验的协议分析方法



曹雪峰 编著

清华大学出版社

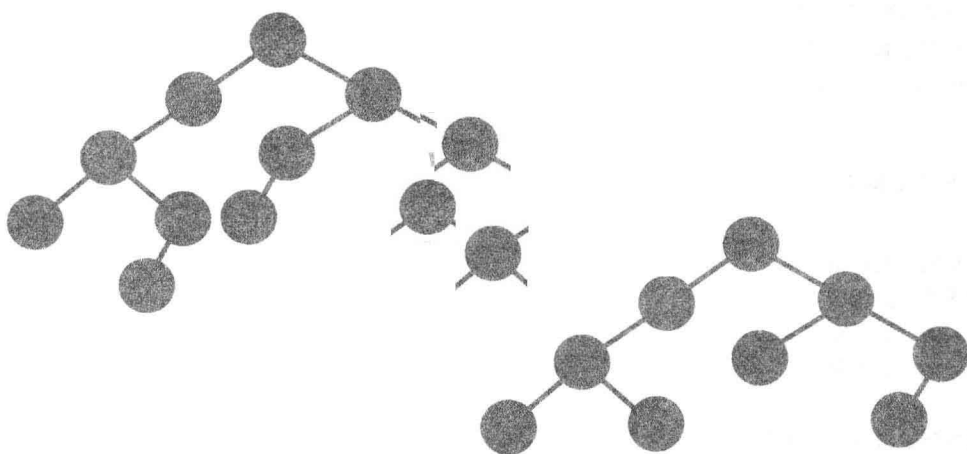


高等学校计算机专业规划教

计算机网络原理

——基于实验的协议分析方法

曹雪峰 编著



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以自底向上的方式,分物理层、数据链路层、网络层、运输层和应用层等5层结构组织内容。全书共9章,以协议分析为主线,利用虚拟实验把计算机网络的理论知识和实践紧密结合在一起,理论知识和实践同步进行,避免对理论知识的枯燥叙述,并且通过对捕获报文的分析,详细介绍了不同层协议的工作原理和交互过程。

本书适合作为高等院校相关专业本专科学生计算机网络课程的教材,也可作为从事计算机网络的工程技术人员与技术管理人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理:基于实验的协议分析方法/曹雪峰编著. —北京:清华大学出版社,2014

高等学校计算机专业规划教材

ISBN 978-7-302-33660-0

I. ①计… II. ①曹… III. ①计算机网络—高等教育—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第206357号

责任编辑:龙启铭

封面设计:何凤霞

责任校对:梁毅

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:26.75

字 数:665千字

版 次:2014年1月第1版

印 次:2014年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:44.50元

产品编号:050689-01



随着计算机和通信技术的迅速发展和相互渗透,计算机网络技术取得了长足的发展。计算机网络已经成为支持现代社会运行的基础设施,因特网成为继报纸、电视、广播之外又一个更为重要的信息来源。计算机网络技术已经深入到社会生活的各个方面,深刻地影响着人们的生活和思维方式。计算机网络技术与应用水平已经成为一个国家经济、文化、科学与社会发展水平的重要标志之一。

作者在多年的教学过程中体会到,学习计算机网络知识时采用协议分析的方法效果比较好,特别是 Wireshark 是一款开源的协议分析软件,能对绝大多数的协议进行报文分析。但是由于物理设备价格高,数量有限,学生实际动手机会不多,真实的物理设备也不适合进行课堂演示实验,从而影响了协议分析法在教学中的应用。GNS3 是一款开源的思科网络模拟软件,适用于多种操作系统,可以让用户直接运行 Cisco 设备的 IOS,其命令行环境与真实物理设备的命令行环境完全相同,它不但能够完成对于一些复杂网络环境的模拟,还可以利用 Wireshark 来捕获虚拟网络拓扑中各链路段上通过的报文,从而可以对串口上配置的一些协议如 PPP 和帧中继等进行协议分析。另外,在 GNS3 0.8.1 之后的版本,Oracle VM VirtualBox 虚拟机可以像其他网络设备一样,在 GNS3 中进行配置使用。这样,在一台计算机上,利用 GNS3 和 VirtualBox 虚拟机搭建的虚拟网络实验环境,可以根据需要组建各种网络,通过捕获报文学习计算机网络相关协议,解决了硬件设备限制带来的不利影响。

本书以协议分析为主线,利用虚拟实验把理论和实践紧密结合在一起,理论和实践同步进行,避免对理论知识的枯燥叙述。本书原则上按自底向上分物理层、数据链路层、网络层、运输层和应用层等 5 层结构组织内容,在介绍各层功能和原理的同时,通过对捕获报文的分析,对不同层协议的工作原理和交互过程进行详细说明。全书共分为 9 章,各章主要内容如下:

第 1 章首先介绍计算机网络的定义、分类、性能指标和计算机网络体系结构,对电路交换和分组交换进行分析比较,讨论了 OSI 和 TCP/IP 参考模型、标准化组织以及因特网标准和管理机构等,介绍了组建虚拟网络实验环境所需要的各种软件的使用方法。

第2章主要讨论数据通信基础理论、编码、调制解调器、多路复用、扩频和传输介质。

第3章主要讨论共享式以太网、交换式以太网、虚拟局域网和生成树协议等,通过对虚拟网络实验环境中捕获报文的分析,说明它们的工作过程。此外,还介绍了无线局域网的工作原理。

第4章主要讨论 HDLC 协议、PPP 协议、帧中继协议和 ADSL 接入技术,通过对虚拟网络实验环境中捕获报文的分析,说明了它们的工作过程。此外,还介绍了 ATM 技术。

第5章主要讨论 IP 协议、IP 地址、IP 报文转发、ARP 协议、ICMP 协议和三层交换技术,通过对虚拟网络实验环境中捕获报文的分析,说明它们的工作过程。此外,还介绍了路由器和 IPv6 协议。

第6章主要讨论路由选择、路由算法、层次路由结构、静态路由、RIP 协议、OSPF 协议、BGP-4 协议和 IP 多播,通过对虚拟网络实验环境中捕获报文的分析,说明它们的工作过程。此外,还介绍了移动 IP 的工作原理。

第7章主要讨论 UDP 协议和 TCP 协议,通过对虚拟网络实验环境中捕获报文的分析,说明 TCP 协议的工作过程。

第8章主要讨论客户/服务器模式、DNS、万维网、文件传输协议、电子邮件、DHCP 和 SNMP 协议,通过对虚拟网络实验环境中捕获报文的分析,说明它们的工作过程。

第9章主要讨论计算机网络安全技术、加密算法、数字签名、IP 安全协议、安全套接层协议、防火墙、NAT 和 VPN 技术,通过对虚拟网络实验环境中捕获报文的分析,说明 NAT 和 VPN 的工作过程。

本书中的网络配置环境只是为了说明协议的工作原理,对具体的配置命令只做简单的说明,详细介绍请参考其他相关书籍。如果需要各章在虚拟网络实验环境中捕获的报文文件,请登录清华大学出版社网站(<http://www.tup.com.cn>)下载。

由于计算机网络技术发展很快,涉及的知识面较广,加之作者水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。



第 1 章 绪论 /1

1.1	计算机网络概述	1
1.1.1	什么是计算机网络	1
1.1.2	计算机网络的分类	2
1.1.3	计算机网络的拓扑结构	4
1.2	数据交换技术	6
1.2.1	电路交换	6
1.2.2	分组交换	7
1.3	计算机网络性能指标	8
1.3.1	带宽	8
1.3.2	时延	9
1.3.3	往返时间	10
1.3.4	吞吐量	10
1.3.5	时延带宽积	10
1.4	计算机网络体系结构	10
1.4.1	分层的体系结构	11
1.4.2	协议	12
1.4.3	计算机网络体系结构的定义	12
1.5	ISO/OSI 模型	13
1.5.1	ISO/OSI 模型的结构	13
1.5.2	OSI 各层的主要功能	13
1.6	因特网体系结构	15
1.6.1	分层的因特网体系结构	15
1.6.2	数据的封装和解封装	17
1.6.3	因特网标准和管理机构	18
1.7	编址	19
1.7.1	物理地址	19
1.7.2	逻辑地址	20
1.7.3	端口地址	20
1.7.4	域名	21

1.8 虚拟实验环境.....	21
1.8.1 GNS3 安装与使用	21
1.8.2 VirtualBox 软件安装与使用	34
1.8.3 Wireshark 软件安装和使用	39
1.8.4 xcap 软件	42
1.8.5 常用网络命令	44
1.9 本章小结.....	47
习题	47

第2章 数据通信基础 /49

2.1 数据通信的基本模型.....	49
2.2 数据通信基本概念.....	49
2.2.1 数据	49
2.2.2 信号	50
2.2.3 信道	50
2.2.4 信道的数据率	51
2.2.5 传输	53
2.3 编码与调制.....	54
2.3.1 编码	54
2.3.2 调制	55
2.3.3 模拟数据与数字信号	57
2.3.4 扩频	59
2.4 复用技术.....	59
2.5 传输媒体.....	60
2.5.1 有线传输媒体	60
2.5.2 无线传输媒体	62
2.6 本章小结.....	63
习题	64

第3章 局域网 /65

3.1 共享式以太网.....	65
3.1.1 两台计算机直连	65
3.1.2 以太网技术	69
3.1.3 CSMA/CD 协议	70
3.1.4 寻址方式	73
3.1.5 差错控制	73
3.1.6 以太网数据帧结构	75
3.1.7 传统以太网工作过程报文分析	75



3.1.8 中继器和集线器	77
3.2 高速以太网	77
3.2.1 快速以太网	78
3.2.2 吉比特以太网	79
3.3 交换式以太网	80
3.3.1 局域网交换技术	80
3.3.2 以太网交换机的工作原理	81
3.3.3 交换式以太网工作过程报文分析	84
3.4 虚拟局域网	88
3.4.1 冲突域和广播域	88
3.4.2 VLAN 的概念	89
3.4.3 划分 VLAN	90
3.4.4 802.1Q 协议原理	91
3.4.5 VLAN 工作过程报文分析	93
3.5 生成树协议	98
3.5.1 基本概念	99
3.5.2 BPDU 报文	100
3.5.3 STP 协议原理	102
3.5.4 生成树协议工作过程报文分析	104
3.6 无线局域网	108
3.6.1 IEEE 802.11 体系结构	109
3.6.2 媒体访问控制	111
3.6.3 802.11 帧	115
3.7 本章小结	117
习题	118

第 4 章 广域网与广域网接入 /120

4.1 广域网概述	120
4.1.1 广域网的概念	120
4.1.2 广域网协议	120
4.2 高级数据链路控制规程	122
4.2.1 帧格式	122
4.2.2 三种 HDLC 帧	124
4.2.3 Cisco HDLC 协议分析	124
4.3 点到点协议 PPP	126
4.3.1 PPP 协议的组成	126
4.3.2 PPP 帧格式	127
4.3.3 PPP 链路工作过程	127



4.3.4	认证协议	129
4.3.5	PPP 工作过程报文分析	130
4.4	帧中继	135
4.4.1	帧中继协议概述	135
4.4.2	帧中继术语	136
4.4.3	帧中继的工作原理	137
4.4.4	帧中继 DLCI 的分配和地址映射	138
4.4.5	帧中继数据帧格式	139
4.4.6	帧中继协议工作过程报文分析	140
4.5	异步传输模式	146
4.5.1	异步传输模式概述	146
4.5.2	ATM 协议参考模型	147
4.5.3	虚通道和虚电路	148
4.5.4	ATM 的特点和应用	149
4.6	接入网技术	149
4.6.1	概述	149
4.6.2	ADSL 接入技术	151
4.7	本章小结	157
	习题	157

第 5 章 网络互联 /159

5.1	概述	159
5.1.1	网络层所提供的服务	159
5.1.2	简单的网络互联	161
5.2	因特网协议	163
5.2.1	IP 地址	164
5.2.2	划分子网	168
5.2.3	可变长子网划分	170
5.2.4	CIDR 无类别编址	170
5.3	IP 数据报	173
5.3.1	IP 数据报格式	173
5.3.2	IP 数据报分片	174
5.3.3	分片过程报文分析	175
5.4	路由器	177
5.4.1	路由器的功能	177
5.4.2	路由器的硬件组成	178
5.4.3	路由器的端口	178
5.4.4	路由器工作原理	180



5.5	地址解析协议	182
5.5.1	ARP 报文格式	182
5.5.2	ARP 工作原理	183
5.5.3	ARP 工作过程报文分析	184
5.5.4	代理 ARP	186
5.6	IP 数据报转发过程分析	188
5.6.1	直接交付和间接交付	188
5.6.2	IP 数据报转发过程	189
5.6.3	IP 数据报转发过程报文分析	191
5.7	三层交换机	196
5.7.1	三层交换的概念	196
5.7.2	三层交换原理	196
5.7.3	三层交换的实现	197
5.7.4	三层交换机与路由器	198
5.7.5	VLAN 间通信	199
5.8	ICMP 协议	201
5.8.1	ICMP 报文	201
5.8.2	ICMP 差错报告报文	202
5.8.3	ICMP 查询报文	204
5.9	IPv6 协议	206
5.9.1	IPv6 协议概述	207
5.9.2	IPv6 数据报格式	208
5.9.3	IPv6 过渡技术	209
5.10	本章小结	209
	习题	210

第 6 章 IP 路由选择 /214

6.1	概述	214
6.1.1	基本概念	214
6.1.2	路由模式	215
6.2	路由选择算法	217
6.2.1	距离向量算法	217
6.2.2	链路状态算法	218
6.2.3	层次选路	221
6.3	静态路由	222
6.3.1	静态路由配置	222
6.3.2	默认路由	222
6.4	RIP 协议	224

6.4.1	RIP 协议概述	224
6.4.2	RIP 报文格式	225
6.4.3	RIP 协议工作原理	226
6.4.4	RIP 路由自环分析	228
6.4.5	RIP 协议工作过程报文分析	228
6.5	OSPF 协议	231
6.5.1	OSPF 基本概念	231
6.5.2	OSPF 协议工作原理	234
6.5.3	OSPF 报文格式	236
6.5.4	LSA 报文格式	240
6.5.5	路由器收到 LSA 之后的处理过程	243
6.5.6	OSPF 协议工作过程报文分析	244
6.6	BGP 协议	249
6.6.1	BGP 概述	249
6.6.2	路径属性	250
6.6.3	BGP 报文格式	252
6.6.4	路由选择处理	254
6.6.5	BGP 协议工作过程报文分析	255
6.7	多播	259
6.7.1	多播地址	259
6.7.2	因特网组管理协议	260
6.7.3	多播路由选择协议	262
6.7.4	多播工作过程报文分析	266
6.8	移动 IP	271
6.8.1	基本概念	271
6.8.2	移动 IP 的工作原理	273
6.8.3	移动 IP 的工作过程分析	274
6.9	本章小结	279
	习题	280

第 7 章 端到端的数据通信 /283

7.1	概述	283
7.1.1	进程之间的通信	283
7.1.2	端口	283
7.1.3	运输层的两个主要协议	284
7.1.4	运输层的复用与分用	284
7.2	用户数据报协议	285
7.2.1	UDP 报文首部格式	285
7.2.2	UDP 伪首部及校验和计算	285



7.3	可靠传输的工作原理	285
7.3.1	停止等待协议	286
7.3.2	回退 N 协议	288
7.3.3	选择重传协议	290
7.4	传输控制协议	290
7.4.1	TCP 报文首部格式分析	291
7.4.2	TCP 连接	292
7.5	TCP 的差错控制	297
7.5.1	TCP 的序号确认机制	297
7.5.2	TCP 报文段重传	297
7.5.3	TCP 的差错控制过程报文分析	298
7.6	TCP 流量控制	299
7.6.1	动态滑动窗口	300
7.6.2	糊涂窗口综合征	300
7.6.3	动态滑动窗口工作过程报文分析	301
7.6.4	Nagle 算法工作过程报文分析	303
7.7	TCP 拥塞控制	304
7.7.1	拥塞控制概述	304
7.7.2	TCP 拥塞控制算法	305
7.7.3	TCP 拥塞控制过程报文分析	307
7.8	本章小结	308
	习题	308

第 8 章 网络应用 /311

8.1	域名系统	311
8.1.1	域名系统概述	311
8.1.2	域名的结构	311
8.1.3	DNS 工作原理	313
8.1.4	DNS 报文格式	316
8.1.5	DNS 工作过程分析	318
8.2	万维网	324
8.2.1	统一资源定位符	325
8.2.2	超文本传送协议	325
8.2.3	网页文件	329
8.2.4	信息检索系统	331
8.2.5	Web 服务器的配置	332
8.2.6	HTTP 工作过程报文分析	340
8.3	文件传输协议	341



8.3.1	文件传输协议概述	341
8.3.2	FTP 工作原理	341
8.3.3	FTP 工作模式	344
8.3.4	FTP 服务器的配置	345
8.3.5	FTP 工作过程分析	348
8.4	电子邮件系统	350
8.4.1	电子邮件系统概述	350
8.4.2	电子邮件工作原理	351
8.4.3	简单邮件传送协议	351
8.4.4	多用途因特网邮件扩充	355
8.4.5	邮局协议和因特网邮件访问协议	356
8.4.6	Web 邮件系统	356
8.4.7	电子邮件服务器的配置	357
8.4.8	SMTP 和 MIME 工作过程报文分析	359
8.5	动态主机配置协议	361
8.5.1	DHCP 概述	361
8.5.2	DHCP 工作原理	362
8.5.3	租用地址	364
8.5.4	DHCP 中继代理	364
8.5.5	DHCP 报文格式	365
8.5.6	DHCP 工作过程报文分析	366
8.6	网络管理	369
8.6.1	简单网络管理协议概述	369
8.6.2	管理信息结构	370
8.6.3	管理信息库	372
8.6.4	简单网络管理协议	372
8.6.5	SNMP 协议工作过程分析	374
8.7	本章小结	377
	习题	378

第 9 章 网络安全 /380

9.1	网络安全概述	380
9.1.1	计算机网络安全定义	380
9.1.2	计算机网络安全目标	380
9.1.3	网络安全防护	381
9.2	数据加密算法	382
9.2.1	DES 加密算法	382
9.2.2	RSA 加密算法	383



9.3	数字签名	384
9.3.1	RSA 数字签名	385
9.3.2	数字证书	385
9.4	IP 安全协议	386
9.4.1	IPSec 的工作模式	387
9.4.2	AH 协议	388
9.4.3	封装安全载荷协议	388
9.4.4	安全关联	389
9.4.5	Internet 密钥交换协议	389
9.5	安全套接层协议	390
9.5.1	握手协议	391
9.5.2	记录协议	391
9.5.3	警告协议和改变加密规范协议	391
9.6	防火墙技术	392
9.6.1	包过滤防火墙	392
9.6.2	访问控制列表	392
9.6.3	网络地址转换	393
9.6.4	NAT 工作过程分析	395
9.7	虚拟专用网	397
9.7.1	概述	397
9.7.2	IPSec VPN 技术	398
9.7.3	SSL VPN 技术	402
9.8	本章小结	408
	习题	409

计算机网络是计算机技术与通信技术高度发展、相互渗透、紧密结合的产物。自 20 世纪 60 年代计算机网络问世以来,特别是 20 世纪 90 年代以后,随着以因特网为代表的计算机网络的飞速发展,计算机网络已经深入到我们工作、学习和生活中。计算机网络与计算机网络应用无处不在,已成为社会生活中不可或缺的部分。

1.1 计算机网络概述

1.1.1 什么是计算机网络

在给出计算机网络的定义之前,先来回顾一下所谓“网络”的概念。“网络”通常是指为了达到某种目的而以某种方式联系或组合在一起的对象或物体的集合。如日常生活中的交通系统、供水或供电系统、邮政系统等都是某种形式的网络。那么什么是计算机网络呢?

计算机网络是指以资源共享为目的的一些互连的自治的计算机系统的集合。建立计算机网络的目的是为了实现在计算机软硬件资源的共享。所谓互连就是将地理位置不同的多个自治的计算机系统,通过通信线路相互连接在一起进行数据通信。互连不仅指计算机之间物理上的连通,而且指两台计算机能互相交换信息,互连计算机之间的通信必须遵循共同的规则,这就是后面要介绍的计算机网络协议。自治的计算机系统是指相互连接的计算机之间不存在互为依赖的关系,排除了网络系统中主从关系的可能性。作为各自独立的计算机系统,它们具有独立的软件和硬件,任何一台计算机既可以联网工作,也可以脱离网络独立工作。图 1-1 所示就是一个典型的由局域网和广域网组成的计算机网络。

从图论的角度看,计算机网络可以简化成由若干个结点和边构成的图,其中结点是交换机或路由器,边是连接结点设备的链路。计算机网络中的计算机或其他终端设备也称主机,它们是数据通信的源点或目的地,也属于网络的一部分,但是为了更加方便地学习和研究计算机网络,习惯上把主机和网络区别开来。作为结点的交换机和路由器的作用是不同的,交换机负责在同一个网络中转发数据,而路由器负责在网络之间转发数据。图 1-1 中云状图表示用同一种技术组建的网络,或者是由多个异构网络互联构成的互联网。

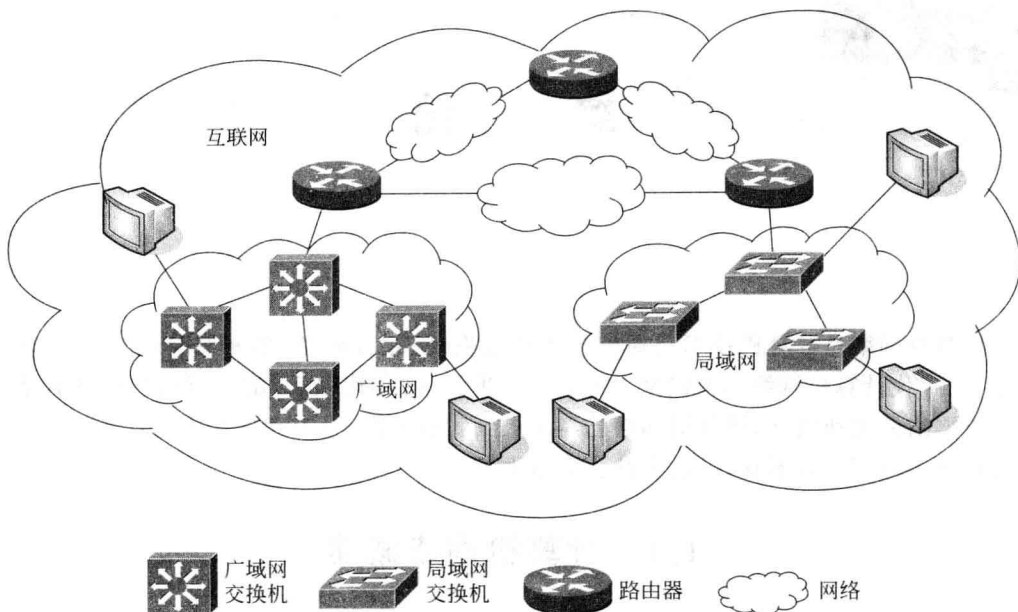


图 1-1 计算机网络示意图

1.1.2 计算机网络的分类

1.1.2.1 按计算机网络规模和覆盖范围分类

按照计算机网络规模和所覆盖的地理范围对其分类,可以分为局域网、城域网和广域网。

1. 局域网

局域网(Local Area Network, LAN)分布在一个房间、一个楼层、整栋楼及楼群之间等,范围一般在 2km 以内。局域网通常只包含物理层和数据链路层,主要用来构建一个单位的内部网络,例如办公室网络、办公大楼内的局域网、学校的校园网、工厂的企业网、大公司及科研机构的园区网等。局域网通常属于单位所有,单位拥有自主管理权,以共享网络资源为主要目的。局域网具有速率高、延迟小、成本低、应用广、组网方便及使用灵活等特点,深受用户欢迎,是目前计算机网络技术发展中最活跃的分支。常见的局域网标准有以太网和令牌环网等。

2. 城域网

城域网(Metropolitan Area Network, MAN)是介于广域网与局域网之间的一种大范围的高速网络,它的覆盖范围通常为几公里至几十公里。随着使用局域网带来的好处,人们逐渐要求扩大局域网的范围,或者要求将已经使用的局域网互相连接起来,使其成为一个规模较大的城市范围内的网络。因此,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连网需求,实现大量用户、多种信息传输的综合信息网络。光纤分布式数据接口(Fiber Distributed Data Interface, FDDI)是常见的

城域网标准。

3. 广域网

广域网(Wide Area Network, WAN)的覆盖范围很大,几个城市、一个国家甚至全球都属于广域网的范畴,从几十公里到几千或几万公里。广域网一般采用点到点的通信技术,通过通信线路连接起来,构成网状结构。广域网主要指在大中型企业集团、电信部门和政府构建的专用网络和公用网络。常见广域网标准有 X.25、帧中继和异步传递模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)等。

互联网(这里指小写字母 i 开头的 internet)不属于广域网,它是广域网与广域网、广域网与局域网、局域网与局域网之间互连后,形成局部处理与远程处理、有限地域范围资源共享与广大地域范围资源共享相结合的计算机网络。目前世界上发展最快、最热门的互联网就是因特网(这里指大写字母 I 开头的 Internet),它是世界上最大的互联网。

1.1.2.2 按计算机网络传输技术分类

在通信技术中,通信信道的类型有两种:广播通信信道与点到点通信信道。在广播通信信道中,多个结点共享一个物理通信信道,一个结点发送信息,其他结点都能够接收这个信息。而在点到点通信信道中,一条通信信道只能连接一对结点,如果两个结点之间没有直接连接的线路,那么它们只能通过中间结点转发。因此网络所采用的传输技术也有两种,即广播(Broadcast)方式和点到点(Point-to-Point)方式。这样,相应的计算机网络也可以分为如下两类。

1. 广播式网络

广播式网络中的广播是指网络中所有连网计算机都共享一条通信信道,当一台计算机利用共享信道发送报文分组时,所有其他计算机都将会接收并处理这个分组。由于发送的分组中带有目的地址与源地址,网络中所有计算机接收到该分组的计算机将检查目的地址是否与本结点的地址相同。如果分组的目的地址与本结点地址相同,则接收该分组,否则将它丢弃。

在广播式网络中,若分组是发送给网络中的某些计算机,则称为多点播送或多播;若分组只发送给网络中的某一台计算机,则称为单播。在广播式网络中,由于信道共享可能引起信道访问错误,因此信道访问控制是要解决的关键问题。局域网一般采用广播通信方式。

2. 点到点式网络

点到点传播指网络中两台主机、两台结点交换机之间或主机与结点交换机之间都存在一条物理信道。主机或结点交换机沿某信道发送的数据确定无疑地只有信道另一端的唯一一台主机收到。假如两台计算机之间没有直接连接的线路,那么它们之间的分组传输就要通过中间结点的接收、存储、转发直至目的地结点。采用分组存储转发是点到点式网络与广播式网络的重要区别之一。

在这种点到点的网络中,没有信道竞争,几乎不存在介质访问控制问题。点到点信道无疑可能浪费一些带宽,但在长距离信道上一旦发生信道访问冲突,控制起来是相当困难,所以广域网都采用点到点信道,用带宽来换取信道访问控制的简化。