



清华大学计算机基础教育课程系列教材

TCP/IP 基本原理 与 UNIX 网络服务

蒋东兴 等 编著



清华大学出版社



清华大学计算机基础教育课程系列教材

TCP/IP 基本原理 与UNIX网络服务

蒋东兴 等 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书从 TCP/IP 基本原理入手,介绍 TCP/IP 配置与诊断、UNIX 网络服务的特点,详细介绍常用的 UNIX 网络服务的相关知识 with 技能。主要内容包括:TCP/IP 概述;网间协议 IP 和传输层协议 TCP 的原理、报文格式与工作机制,路由原理及相关协议;UNIX 网络服务的特点及 UNIX 下 TCP/IP 的配置、调试与诊断;远程登录、电子邮件、文件传输、Web 服务、域名服务、DHCP 服务、代理服务及 NFS 的协议介绍、客户软件使用以及服务器软件的安装、配置与管理。

本书可作为高等院校理工科高年级本科生和研究生的教材及教学参考书,也可以作为网络管理人员的参考书。其理论联系实践的写作特点对于非计算机专业的学生和技术人员学习网络服务的管理很有帮助。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

TCP/IP 基本原理与 UNIX 网络服务/蒋东兴等编著. —北京:清华大学出版社,2003

(清华大学计算机基础教育课程系列教材)

ISBN 7-302-06778-3

I. T… II. 蒋… III. ①计算机网络—通信协议—高等学校—教材 ②UNIX 操作系统—高等学校—教材 IV. ①TN915.04 ②TP316.81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 047113 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:王敏稚

印 刷 者:北京四季青印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印 张:17.25 字 数:396 千字

版 次:2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-06778-3/TP·5043

印 数:1~6000

定 价:24.00 元

序

计算机科学技术的发展不仅极大地促进了整个科学技术的发展,而且明显地加快了经济信息化和社会信息化的进程。因此,计算机教育在各国备受重视,计算机知识与能力已成为 21 世纪人才素质的基本要素之一。

清华大学自 1990 年开始将计算机教学纳入基础课的范畴,作为校重点课程进行建设和管理,并按照“计算机文化基础”、“计算机技术基础”和“计算机应用基础”三个层次的课程体系组织教学:

第一层次“计算机文化基础”的教学目的是培养学生掌握在未来信息化社会里更好地学习、工作和生活所必须具备的计算机基础知识和基本操作技能,并进行计算机文化道德规范教育。

第二层次“计算机技术基础”是讲授计算机软硬件的基础知识、基本技术与方法,从而为学生进一步学习计算机的后续课程,并利用计算机解决本专业及相关领域中的问题打下必要的基础。

第三层次“计算机应用基础”则是讲解计算机应用中带有基础性、普遍性的知识,讲解计算机应用与开发中的基本技术、工具与环境。

以上述课程体系为依据,设计了计算机基础教育系列课程。随着计算机技术的飞速发展,计算机教学的内容与方法也在不断更新。近几年来,清华大学不断丰富和完善教学内容,在有关课程中先后引入了面向对象技术、多媒体技术、Internet 与互联网技术等。与此同时,在教材与 CAI 课件建设、网络化的教学环境建设等方面也正在大力开展工作,并积极探索适应 21 世纪人才培养的教学模式。

为进一步加强计算机基础教学工作,适应高校正在开展的课程体系与教学内容的改革,及时反映清华大学计算机基础教学的成果,加强与兄弟院校的交流,清华大学在原有工作的基础上,重新规划了“清华大学计算机基础教育课程系列教材”。

该系列教材有如下几个特色:

1. 自成体系:该系列教材覆盖了计算机基础教学三个层次的教学内容。其中既包括所有大学生都必须掌握的计算机文化基础,又包括适用于各专业的软、硬件基础知识;既包括基本概念、方法与规范,又包括计算机应用开发的工具与环境。

2. 内容先进:该系列教材注重将计算机技术的最新发展适当地引入教学中来,保持了教学内容的先进性。例如,系列教材中包括了面向对象与可视化编程、多媒体技术与应用、Internet 与互联网技术、大型数据库技术等。

3. 适应面广：该系列教材照顾了理、工、文等各种类型专业的教学要求。

4. 立体配套：为适应教学模式、教学方法和手段的改革，该系列教材中多数都配有习题集和实验指导、多媒体电子教案，有的还配有 CAI 课件以及相应的网络教学资源。

本系列教材源于清华大学计算机基础教育的教学实践，凝聚了工作在第一线的任课教师的教学经验与科研成果。我希望本系列教材不断完善，不断更新，为我国高校计算机基础教育做出新的贡献。



1999 年 12 月

注：周远清，曾任教育部副部长，原清华大学副校长、计算机专业教授。

前言

长期以来,在高校中学习计算机网络课程一直是计算机相关专业学生的“专利”。并且,厚厚的《计算机网络》教材,三卷本的 TCP/IP 经典著作,别说是非计算机专业的网络爱好者,就是以计算机网络技术作为专业方向的本科生乃至研究生,要读懂这些书也不是一件容易的事情。

随着 Internet 的迅速发展,TCP/IP 网络已经占据统治地位,基于 TCP/IP 的网络服务已经深入各个行业,为各行业的信息化提供支撑作用的信息服。在这种形势下,各个行业都需要管理网络服务的人才,因此,如何使得非计算机专业的学生能够懂得 TCP/IP 网络原理并能够管理好网络服务,是实现信息化所面临的一个重要问题。

我们写作本书的主要目的,就是试图探索一条相对简单的途径,使得非计算机专业的学生能够较快地熟悉 TCP/IP 的基本原理,能够掌握 UNIX/Linux 环境下网络服务的软件安装、配置与运行管理。因此,本书在篇章结构的安排上,特别注意原理与实践的配合;在内容的选择上,采用“实用主义”的做法,重点讲述的是如何做好网络服务软件的管理,而相关的网络原理,也是根据实践的需要而进行有选择的讲解。

全书共 12 章,分为 3 部分:TCP/IP 基本原理、UNIX 环境的 TCP/IP 以及 UNIX 的 TCP/IP 网络服务。第 1 部分包括第 1 章 TCP/IP 概述、第 2 章网际协议 IP、第 3 章 Internet 传输层协议和第 4 章路由原理与协议,这 4 章主要是给读者提供一个 TCP/IP 协议的概貌,使读者能够较好地掌握 TCP/IP 的基本原理,因此在内容的安排上,第 1 章除了介绍 ISO/OSI 七层模型、TCP/IP 协议体系和常用概念外,还介绍了地址解析协议 ARP;第 2 章在介绍了 IP 地址、IP 数据报格式和 IP 选路的基础上,还介绍了 ICMP 和 IPv6;第 3 章介绍了 UDP、TCP 协议的特点、功能和报文格式,还特别地介绍了 TCP 连接的建立与关闭,以及 TCP 状态机的状态转换,这一部分对读者来说在理解上会有一点难度,但掌握它对于深入掌握网络服务的配置与诊断很有好处;第 4 章在介绍了路由原理、内部网关路由协议和外部网关路由协议的基础上,还介绍了组播路由。第 2 部分包括第 5 章 UNIX 网络服务概述和第 6 章 TCP/IP 配置与诊断,这两章是一个过渡,它将 TCP/IP 原理和 UNIX 网络服务衔接起来。第 5 章介绍了 UNIX、TCP/IP 和 Internet 三者的关系,以及 UNIX 网络服务的计算模式与工作机制;第 6 章介绍了 UNIX 的 TCP/IP 配置及相关检测与诊断工具。第 3 部分包括第 7 章远程登录、第 8 章电子邮件、第 9 章文件传输、第 10 章 Web 服务、第 11 章 DNS 域名解析和第 12 章其他服务,这 6 章详细介绍了 UNIX 下最常用的网络服务的相关协议、客户软件使用,以及服务器软件的安装、配置与管理方法。

值得说明的是,本书是基于 UNIX 而写的,这主要是考虑到国内 UNIX 网络方面的教材相对较少,而 UNIX 又是当前 Internet 最重要的网络服务器操作系统,熟悉 UNIX

的网络服务是一个高级网络服务管理员的必备条件。但是,为了照顾到使用 Linux 的网络服务管理员,本书在 UNIX 和 Linux 操作系统下差异较大的地方,都有对比说明或提示说明,因此本书同样适用于使用 Linux 的网络服务管理员。

本书第 1、2、3、5 章由蒋东兴编写,第 4 章由沈立强编写,第 6 章由程志锐编写,第 7、12 章由周霖编写,第 8、11 章由白冰编写,第 9、10 章由刘启新编写,全书由蒋东兴统稿并审校。本书是在清华大学计算机与信息管理中心同事们的大力支持与帮助下完成的,在此一并表示衷心的感谢。另外,由于工作繁忙,本书的写作都是在业余时间完成,在此对几位作者的家人和朋友的大力支持表示最诚挚的感谢。

由于网络的发展非常迅速,网络服务种类的更新和服务器软件的升级非常频繁,因此,本书在写作过程中特别注意到了这一点,在资料的时效性和通用性方面作了精心的挑选,尽管如此,仍有可能存在疏漏和不合时宜之处,希望读者见谅。

作 者

2003 年春

目 录

第 1 章 TCP/IP 概述	1
1.1 ISO/OSI 的七层参考模型	1
1.1.1 计算机网络的概念	1
1.1.2 OSI 七层参考模型	2
1.1.3 OSI 各层简介	4
1.2 TCP/IP 协议的体系	6
1.2.1 TCP/IP 分层模型	6
1.2.2 TCP/IP 分层工作原理	7
1.2.3 TCP/IP 模型的分界线	8
1.2.4 复用和分解	9
1.3 TCP/IP 常用概念	10
1.3.1 包、网络字节顺序	10
1.3.2 服务、接口、协议	11
1.3.3 寻址	11
1.3.4 路由器和终端节点	12
1.3.5 IP 地址、域名	12
1.4 地址解析协议 ARP	12
1.4.1 地址转换问题	12
1.4.2 动态地址转换	13
1.4.3 ARP 的实现	14
1.5 小结	15
习题	15
 第 2 章 网际协议 IP	 16
2.1 引言	16
2.2 IP 地址	17
2.2.1 IP 地址分类	17
2.2.2 子网与子网屏蔽码	19
2.2.3 超网与 CIDR	20
2.3 IP 数据报	21
2.3.1 IP 数据报格式	21
2.3.2 分片与重组	24

2.3.3	IP 数据报选项	25
2.4	IP 数据报的选路	26
2.4.1	直接传送与间接传送	26
2.4.2	IP 路由选择表与算法	27
2.5	Internet 控制报文协议 ICMP	29
2.5.1	ICMP 机制	29
2.5.2	ICMP 报文格式	30
2.5.3	ICMP 应用	31
2.6	IPv6 简介	32
2.6.1	IPv6 的主要设计特点	33
2.6.2	IPv6 基本头格式	34
2.6.3	IPv6 地址	35
2.6.4	IPv6 可选项	39
2.7	小结	40
	习题	40
第 3 章	Internet 传输层协议	42
3.1	引言	42
3.2	用户数据报协议 UDP	44
3.2.1	UDP 报文格式	44
3.2.2	UDP 的封装与协议的分层	44
3.2.3	UDP 的复用、分解与端口	45
3.3	传输控制协议 TCP	45
3.3.1	可靠的数据流传输	46
3.3.2	滑动窗口的概念	47
3.3.3	TCP 报文格式	48
3.4	TCP 连接的建立与关闭	50
3.4.1	建立一个 TCP 连接	50
3.4.2	关闭一个 TCP 连接	51
3.4.3	TCP 状态机	52
3.5	小结	57
	习题	57
第 4 章	路由原理与协议	58
4.1	路由原理	58
4.1.1	路由表的建立	58
4.1.2	Internet 的结构	59
4.2	内部网关路由协议	61

4.2.1	路由信息协议(RIP)	61
4.2.2	Hello 协议	67
4.2.3	开放最短路径优先(OSPF)	68
4.3	外部网关路由协议	70
4.4	组播路由	72
4.4.1	组播体系结构	72
4.4.2	互联网组管理协议 IGMP	72
4.4.3	IGMP Snooping	73
4.4.4	域内组播路由协议	74
4.5	小结	76
	习题	77
第 5 章	UNIX 网络服务概述	78
5.1	UNIX 网络服务与 Internet	78
5.1.1	Internet 与 UNIX 的关系	78
5.1.2	UNIX 常用网络服务	79
5.2	客户/服务器计算模式	81
5.2.1	客户/服务器计算模式的概念	81
5.2.2	基于 Web 的客户/服务器计算模式	82
5.3	UNIX 服务结构	83
5.3.1	UNIX 服务工作机制	83
5.3.2	超级服务器 inetd	85
5.4	小结	86
	习题	86
第 6 章	TCP/IP 配置与诊断	87
6.1	TCP/IP 的配置	87
6.1.1	网络接口的命名规则	87
6.1.2	TCP/IP 相关配置文件	88
6.1.3	TCP/IP 配置工具	94
6.1.4	超级服务器的配置	98
6.2	TCP/IP 检测工具	106
6.2.1	ping	106
6.2.2	tracert	107
6.2.3	netstat	109
6.2.4	名称解析	110
6.2.5	telnet	111
6.2.6	sniffer 简介	112

6.3 小结	114
习题	114
第 7 章 远程登录	116
7.1 TELNET 协议简介	116
7.1.1 TELNET 协议	116
7.1.2 带外数据和同步	120
7.2 远程登录程序 telnet	121
7.2.1 终端仿真	121
7.2.2 telnet 服务器配置	122
7.2.3 常用的 TELNET 客户端	122
7.3 安全的远程登录	125
7.3.1 远程登录的安全性	125
7.3.2 SSH 算法简介	125
7.3.3 SSH 服务器端程序的获取和安装	126
7.3.4 SSH 服务器端程序的设置	127
7.3.5 SSH 客户端程序	131
7.4 小结	131
习题	131
第 8 章 电子邮件	133
8.1 电子邮件协议简介	133
8.1.1 邮件传输协议 SMTP 和 ESMTP	133
8.1.2 邮局协议 POP3 和 Internet 邮件管理协议 IMAP	137
8.1.3 信文格式 RFC 822 和邮件扩展标准 MIME	140
8.2 UNIX 下的 MUA 简介(mail 和 pine)	145
8.2.1 mail	145
8.2.2 pine	150
8.3 邮件服务器 sendmail 的安装和配置	154
8.3.1 sendmail 的获取和安装	154
8.3.2 sendmail 的运行参数	155
8.3.3 sendmail 的日志	157
8.3.4 别名数据库	157
8.3.5 参数调整	158
8.3.6 sendmail 配置文件的细节	160
8.4 POP3 服务器 QPOPper 的安装和配置	168
8.4.1 QPOPper 服务器的下载和安装	168
8.4.2 QPOPper 的公告板配置	169

8.5 小结	170
习题	170
第 9 章 文件传输	171
9.1 FTP 协议简介	171
9.1.1 FTP 基本协议	171
9.1.2 FTP 的数据表示	172
9.1.3 FTP 基本命令	174
9.1.4 FTP 的应答	175
9.1.5 FTP 的数据连接	176
9.2 文件传输客户端程序 ftp	177
9.2.1 ftp 的交互式模式	178
9.2.2 ftp 的自动模式	179
9.3 FTP 服务器的配置和管理	180
9.3.1 wu-ftp 服务器的安装	181
9.3.2 wu-ftp 服务器的配置	182
9.4 TFTP 简介	189
9.4.1 TFTP 与 FTP 的区别	189
9.4.2 TFTP 命令	189
9.5 小结	190
习题	190
第 10 章 Web 服务	192
10.1 HTTP 协议简介	192
10.1.1 HTTP 协议基本格式	192
10.1.2 HTTP 协议的首部	193
10.1.3 HTTP 响应代码	195
10.2 HTML 语言简介	197
10.2.1 HTML 标记语法和文档结构	198
10.2.2 常用 HTML 的标记	199
10.3 Web 服务器的配置和管理	201
10.3.1 Apache 的安装	202
10.3.2 Apache 的配置	203
10.3.3 虚拟主机的配置	207
10.3.4 Apache 服务器的安全	211
10.3.5 Apache 服务器的性能优化	214
10.3.6 用 Apache 做代理服务器(Proxy)	215
10.3.7 Apache 的安全套接层(SSL)	216

10.4 小结	218
习题	219
第 11 章 DNS 域名解析	220
11.1 引言	220
11.2 名字空间	221
11.2.1 域名系统的名字空间	221
11.2.2 顶级域名及相关的命名规则	222
11.2.3 逆向解析与 in-addr.arpa 域	222
11.3 DNS 系统的结构和工作过程	223
11.3.1 结构	223
11.3.2 区与 DNS 服务器	224
11.3.3 DNS 的两种工作模式	225
11.4 资源记录与 DNS 解析请求	227
11.4.1 资源记录的结构	227
11.4.2 资源记录的文本表述	228
11.4.3 别名和规范名	228
11.4.4 解析请求	229
11.5 配置 DNS 服务器 BIND	230
11.5.1 DNS 服务器的类型	230
11.5.2 主配置文件	230
11.5.3 区资源记录文件(zone files)	232
11.5.4 相关的配置文件	234
11.5.5 BIND 的检测工具	234
11.5.6 BIND 的管理工具	236
11.5.7 BIND 的一些扩展特性	236
11.6 小结	245
习题	246
第 12 章 其他服务	247
12.1 DHCP 服务	247
12.1.1 DHCP 协议	247
12.1.2 DHCP 服务器配置	249
12.1.3 DHCP 客户端的设置	251
12.2 代理服务器	251
12.2.1 代理服务器分类	252
12.2.2 Squid 代理服务器配置	252
12.2.3 SOCKS 代理服务器	255

12.3	NFS	257
12.3.1	网络文件系统 NFS	257
12.3.2	NFS 服务器配置	257
12.3.3	NFS 客户端	258
12.3.4	NFS 的安全性	258
12.4	小结.....	259
	习题.....	260
参考文献.....		261

第 1 章

TCP/IP 概述

本章首先介绍计算机网络的基本概念以及 ISO/OSI 七层参考模型及各层的基本功能,然后着重介绍 TCP/IP 协议的体系结构与分层工作原理,并对 TCP/IP 的常用概念进行分类说明。最后介绍虽然不在 TCP/IP 体系结构中,但与 TCP/IP 关系密切的地址解析协议 ARP。

1.1 ISO/OSI 的七层参考模型

信息化社会的基础是计算机和互联计算机的信息网络,信息网络已成为十分重要的基础设施。计算机网络源于计算机与通信技术的结合,始于 20 世纪 50 年代,在近 20 年得到迅猛发展。特别是在最近 10 年来,随着 TCP/IP 协议的广泛应用和 Internet 的飞速发展,计算机网络已经深入千家万户,TCP/IP 协议也已经成为计算机网络事实上的协议标准。但是,要介绍计算机网络,必须先了解国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)在 20 世纪 80 年代初制定的“开放系统互联参考模型”(Open System Interconnection Reference Model, OSI),该模型在规范计算机网络体系结构方面起到了不可替代的作用。

1.1.1 计算机网络的概念

计算机网络是由地理上分散的、具有独立功能的多台计算机,通过通信设备和线路互相连接起来,在配有相应的网络软件的情况下,实现计算机之间通信和资源共享的系统。计算机网络按其所跨越的地理范围可分为局域网 LAN(Local Area Network)和广域网 WAN(Wide Area Network)。

1. 局域网

局域网一般是在一栋或相邻的几栋大楼内,或在一个校园、工厂、企业范围内,其地理范围通常不超过 10km,属于一个部门或一个单位组建的专用网络。局域网常常被应用于连接单位内部的计算机资源,以便共享资源(如打印机和数据库)和交换信息。局域网的主要特点为:

(1) 较小的地域范围 仅用于办公室、机关、工厂、学校等内部联网,其范围没有严格的定义,但一般认为距离不超过 10km;

(2) 高传输速率和低误码率 现在的局域网的传输速率一般为 10Mbps ~ 1000Mbps,误码率一般在 $10^{-8} \sim 10^{-11}$ 之间;

(3) 专用性 局域网一般为一个单位所建,在单位和部门内部控制管理和使用,通常采用同轴电缆、双绞线等建立单位内部专用线,随着千兆网的广泛使用,光纤也开始成为局域网的主要连线方式;

(4) 注重信息共享 局域网通常是单位内部为解决资源共享而建立的,因此非常注重信息的共享(相对应的广域网多是运营商所建,其注重的是信息传输的准确性与安全性)。

局域网的典型代表是以太网(Ethernet),Ethernet 是最早的局域网,也是目前最流行的局域网。交换式、快速型以太网技术使以太网保持着旺盛的生命力,现在的以太网都是基于 IEEE 802.3 系列标准,已日趋发展成熟。当前比较流行的以太网是 10BASE-T (10Mbps 双绞线以太网)、100BASE-T (100Mbps 双绞线以太网)、1000BASE-T (1000Mbps 双绞线以太网)和 1000BASE-LX/SX(1000Mbps 光纤以太网)。

2. 广域网

广域网是一种跨越大的地域的网络,通常覆盖一个地区、一个国家乃至全世界。广域网通常是连接不同的局部网络而建立的,因此多采用租用公用线路和专用线路的方式,如租用电话线、光纤、卫星等。

当前比较流行的广域网系统是 X.25 分组交换网、帧中继(Frame Relay)网、窄带综合业务数字网 N-ISDN(Narrowband Integrated Services Digital Network)、宽带综合业务数字网 B-ISDN(Broadband ISDN)——异步传输模式 ATM(Asynchronous Transfer Mode)网,最近宽带 IP 网大有异军突起之势。

广域网的典型代表是 ARPANET,它是 Internet 的前身,是第一个计算机互联的包交换网。ARPANET 在 20 世纪 70 年代中期开始出现,1980 年开始采用新的 TCP/IP 协议,1983 年要求所有连接到该网的计算机都使用 TCP/IP 协议,正式成为 Internet。现在,Internet 已经覆盖到全球,几乎所有的国家和地区都连入了 Internet。

1.1.2 OSI 七层参考模型

现代计算机网络的设计都是按照高度结构化方式进行的,OSI 七层参考模型非常明确地表示了这一点。结构化设计的最为重要的手段就是分层。

1. 网络协议与分层

计算机网络是为了实现计算机之间的通信,任何双方要成功地进行通信,必须遵守一定的信息交换规则和约定,这些信息交换规则和约定就称为通信协议(protocol)。计算机的网络接口卡、通信软件、通信设备都是遵循一定的协议设计的,必须符合一定的协议规范。

为了减少协议设计的复杂性,大多数网络都按层或级的方式来组织,每一层都建立在下层之上。不同的网络在分层数量和各层的名字、内容与功能上都不尽相同,然而,在所有的网络中,每一层的目的都是向它的上一层提供一定的服务,而把这种服务是如何实现的细节对上层加以屏蔽。

层按功能来划分,每一层都有特定的功能,它一方面利用下一层所提供的功能,另一方面又为其上一层提供服务。通信双方在相同层之间进行通话,通话规则和协定的整体就是该层的协议。每一层都有一个或多个协议,几个层合成一个协议栈(protocol stack)。

