

计 算 机 科 学 丛 书

TCP/IP 详解

卷1: 协议

TCP/IP Illustrated
Volume 1:
The Protocols

(美) W. Richard Stevens 著

范建华 胥光辉 张涛 等译
谢希仁 校



机械工业出版社
China Machine Press



Addison-Wesley

计算机科学丛书

TCP/IP详解

卷1：协议

(美) W. Richard Stevens 著

范建华 胥光辉 张 涛 等译

谢希仁 校



机械工业出版社
China Machine Press

《TCP/IP详解, 卷1: 协议》是一本完整而详细的TCP/IP协议指南。描述了属于每一层的各个协议以及它们如何在不同操作系统中运行。作者用Lawrence Berkeley实验室的tcpdump程序来捕获不同操作系统和TCP/IP实现之间传输的不同分组。对tcpdump输出的研究可以帮助理解不同协议如何工作。

本书适合作为计算机专业学生学习网络的教材和教师参考书。也适用于研究网络的技术人员。

W. Richard Stevens: TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols.

Original edition copyright © 1994 by Addison Wesley.

Chinese edition published by arrangement with Addison Wesley Longman, Inc.

All rights reserved.

本书中文简体字版由美国Addison Wesley公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有, 侵权必究。

本书版权登记号: 图字: 01-1999-2855

图书在版编目(CIP)数据

TCP/IP详解, 卷 1: 协议 / (美) 史蒂文斯(W. Richard Stevens)著; 范建华等译. - 北京: 机械工业出版社, 2000.4

(计算机科学丛书)

书名原文: TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols

ISBN 7-111-07566-8

I. T… II. ①史… ②范… III. 计算机网络-传输控制协议 IV. TP915.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第15348号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑: 陈贤舜

北京牛山世兴印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2000年4月第1版 · 2001年3月第4次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 27.5印张

印数: 20 001-28 000册

定价: 45.00元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

译者序

我们愿意向广大的读者推荐W. Richard Stevens关于TCP/IP的经典著作(共3卷)的中译本。本书是其中的第1卷:《TCP/IP详解, 卷1: 协议》。

大家知道, TCP/IP已成为计算机网络的事实上的标准。在关于TCP/IP的论著中, 最有影响的就是两部著作。一部是Douglas E. Comer的《用TCP/IP进行网际互连》, 一套共3卷(中译本已由电子工业出版社于1998年出版)。而另一部就是Stevens写的这3卷书。这两套巨著都有名, 各有其特点。无论是从事计算机网络的教师还是进行科研的技术人员, 这两套书都应当是必读的。

本书的特点是内容丰富, 概念清楚、准确, 讲解详细, 例子很多。作者在书中举出的所有例子均在作者安装的计算机网络上通过实际验证。各章都留有一定数量的习题。在附录D中, 作者对部分习题给出了解答。在本书的最后, 作者给出了许多经典的参考文献, 并一一写出评注。

参加本书翻译的有: 范建华(序言和第1章~第11章)、杨明(第12章~第18章)、张涛(第19章~第24章)、徐哲(第25章~第26章)、蒋慧(第27章~第28章)和胥光辉(第29章~第30章以及全部附录和各参考文献中作者写的评注)。全书由谢希仁教授校阅。

限于水平, 翻译中不妥或错误之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

译者

于解放军理工大学, 南京

1999年12月

主要译、校者介绍



谢希仁，中国人民解放军理工大学(南京)计算机系教授，全军网络技术研究中心主任，博士研究生导师，1952年毕业于清华大学电机系电信专业。所编写的《计算机网络》于1992年获全国优秀教材奖。1999年再版的《计算机网络》第二版为普通高等教育“九五”国家级重点教材。近来还主持翻译了Comer写的《TCP/IP网际互联》计算机网络经典教材一套三卷本(电子工业出版社1998年出版)，Harnedy写的《简单网络管理协议教程》(电子工业出版社1999年出版)。



范建华，1971年1月出生，1992年毕业于中国人民解放军通信工程学院(南京)计算机应用专业，获学士学位，1996年获硕士学位，1999年获博士学位。现在总参第六十三研究所工作，讲师职称。曾获军队科技进步三等奖1项，在国内外期刊及会议上发表论文10余篇，翻译专业著作5本。目前从事通信装备模块化技术、数据开采和知识发现以及计算机网络应用等方向的研究工作。



胥光辉，1970年1月出生，1992年毕业于南京大学计算机系软件专业，获学士学位。1995年获南京大学计算机软件专业硕士学位。同年分配到解放军通信工程学院(南京)计算机系任教。现为解放军理工大学通信与信息系统专业博士研究生，讲师职称。主要研究方向：计算机网络和网络管理。曾参加国家自然科学基金资助项目、国家“863”项目以及其他有关网络项目的研究，发表学术论文8篇，译著2本。

《TCP/IP详解，卷1：协议》评语

“这本书肯定能成为TCP/IP开发人员和用户的权威著作。在我随手拿起书来翻阅的短短几分钟内，我就看到了过去曾经困扰我和我的同事们的好几个问题。Stevens解开了许多曾经只有网络专家才能领会的奥秘。作为一名从事多年TCP/IP开发工作的技术人员，我认为这是一本到目前为止最好的书。”

——3Com公司Synernetics部网络工程师 Robert A. Ciampa

“Stevens所有的书可读性都很强，而且有很高的技巧，这本书尤其如此。尽管已经有很多描述TCP/IP协议的书问世，但是Stevens在他的书中却提供了别人没有的深度和实现细节。它用可视化的方法使读者深入TCP/IP内部了解该协议是如何工作的。”

——《Unix评论》网络专栏 Steven Baker

“《TCP/IP详解，卷1：协议》对于开发人员、网络管理员以及其他需要理解TCP/IP技术的人来说，都是一本优秀的参考书。《TCP/IP详解》覆盖面广泛，涉及TCP/IP各个方面的主题，对专家来说它可以提供足够的细节，而对于初学者来说它则给出了详细的背景和注释。”

——NetManage公司市场部副总监 Bob Williams

“……区别就在于Stevens不仅希望给出协议的描述，而且要对它们进行解释。他主要的教学方法是直接阐述，并在每章后面附加习题，同时逐个字节地给出首部中的各个字段以及类似的内容，另外还给出真实的通信例子。”

——《Unix世界》 Walter Zintz

“比纯理论要好得多……W. Richard Stevens把基于多主机的配置作为解释TCP/IP的例子。《TCP/IP详解，卷1：协议》根据实例来阐述理论——使得该书与其他相关主题的书有所区别，不但可读性强，而且信息量大。”

——IBM TCP/IP开发部顾问 Elizabeth Zinkann

“他所使用的图表都很好，写和风格清晰易懂。总的来说，Stevens使一个复杂的问题变得容易理解。这本书值得每个人注意。请一定要阅读它并保留在您的书架上。”

——系统管理员 Elizabeth Zinkann

“W. Richard Stevens写了一本优秀的教科书和参考书。这本书组织结构良好，文字非常清新，提供了许多很好的例子来详细解释IP、TCP以及支撑协议和应用程序的内部逻辑和操作细节。”

——哈佛大学OIT/NSD顾问 Scott Bradner

前言

概述

本书采用了一种不同于其他教科书的方式描述了TCP/IP协议族。用一个流行的诊断工具来观察这些协议的运作过程，而不是简单地描述这些协议以及它们做些什么。通过观察这些协议在不同环境下的操作过程，我们可以更好地理解它们是如何工作的，以及为什么要那样设计。另外，本书还对协议的实现进行了概述，当然并不要读者去阅读数千行的源代码。

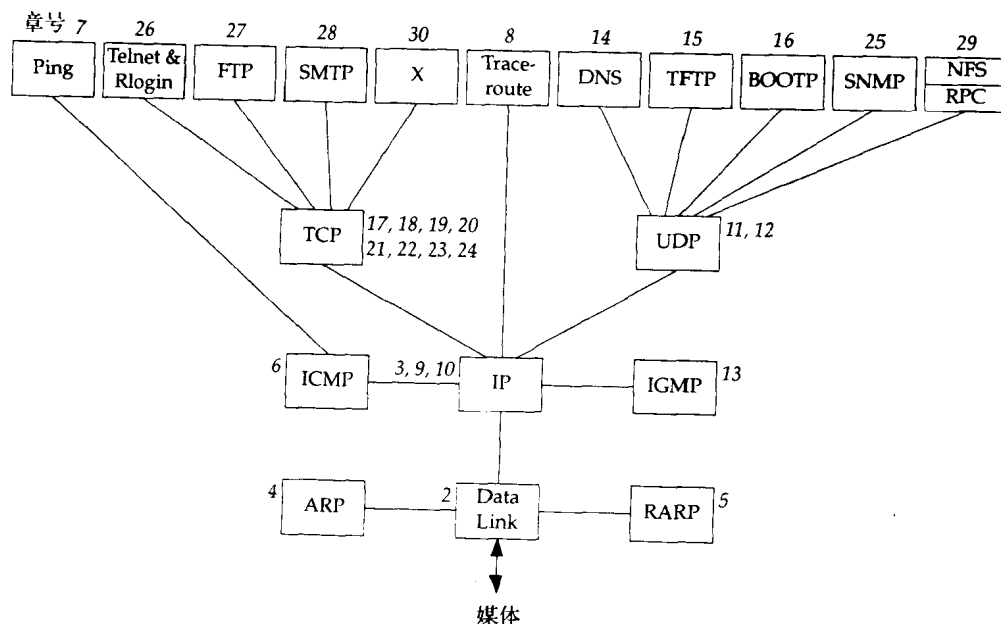
在20世纪60年代到80年代期间开发网络协议时，需要昂贵的专用硬件来观察分组“通过线路”的情况。同时，要理解硬件所显示的分组信息还需要对协议本身极其熟悉。硬件分析人员的作用受限于硬件本身的设计。

现在，对局域网进行监测的工作站随处可见，情况发生了激动人心的变化[Mogul 1990]。只需要在你的网络上连上一个工作站，并运行一些可公开获得的软件（参见附录A），那么你就可以对线路上的流通情况进行观察。许多人认为它只是一个诊断网络故障的工具，但是，它也是一个理解网络协议运作的强有力的工具，这才是本书的目标。

本书适用于那些希望理解TCP/IP协议如何操作的人：编写网络应用程序的程序员，负责维护基于TCP/IP协议的计算机系统和网络的系统管理员，以及经常与TCP/IP应用程序打交道的用户。

本书的组织

本书所涉及到的所有协议和应用程序如下图所示。每个方框旁边的斜体数字表示本书描述该协议或应用程序的章节。



本书各章中所讨论的细节要点并没有在上图中完全画出来。例如，采用TCP协议的DNS和RPC在这里就没有画出来。

我们采用自底向上的方法来讨论TCP/IP协议族。在第1章对TCP/IP协议进行简单介绍之后，我们将在第2章开始从链路层逐个向上讨论整个协议栈中的协议。这样，为那些在总体上不熟悉TCP/IP或网络的读者阅读后面的章节提供必需的背景知识。

本书还采用了功能方法来讨论各个协议，而并不遵循严格的自底向上次序。例如，第3章描述了IP层和IP首部。但是，IP首部中的许多字段最好是放到使用或受其影响的应用程序中进行解释。例如，分片最好通过UDP协议来理解，因为该协议经常受其影响。当我们在第8章讨论Traceroute程序时就完整地描述了生存时间字段，因为这个字段是该程序进行操作的基础。类似地，ICMP协议的许多特性留在后面的章节中才被讨论，以显示某个特定的ICMP报文如何被某个协议或应用程序所使用。

当然，我们并不想把所有的好戏都留在最后。对于TCP/IP应用程序来说，我们是一旦有了理解基础就对它们进行描述。Ping和Traceroute程序是在讨论完IP和ICMP协议之后就进行描述的。基于UDP协议的应用程序（如多播传送、DNS、TFTP以及BOOTP等）是在讨论完UDP以后才进行描述的。但是，对于TCP应用程序和网络管理来说，则必须留到最后，即完全讨论了TCP协议之后才对它们进行描述。本书着重讨论这些应用程序如何使用TCP/IP协议，而不提供它们运行的所有细节。

读者

本书的内容是独立的，不需要特定的网络或TCP/IP知识。如果读者对特定主题的某些细节感兴趣，本书提供了大量的文献可供参考。

本书可用于多个途径。它可用作自学参考书，适用于那些对TCP/IP协议族所有细节都感兴趣的读者。对于具有一定TCP/IP背景知识的读者可以跳过前面部分章节而从第7章开始阅读，然后着重阅读感兴趣的某些章节。在每一章的最后都附有习题，大多数习题的答案参见附录D。这使得本书可以最大限度地用作自学参考书。

如果作为计算机网络专业的教材，学习一个或两个学期，那么重点应放在IP（第3章和第9章），UDP（第11章），TCP（第17章~第24章），以及一些讨论应用程序的章节。

本书提供了许多相关的参考文献，各章的学习均可以单独进行。全书使用的缩写词以及组词组都列在本书的最后。

如果你能够上网，那么应该通过网络获得本书中所使用的软件（附录F），并在你的机器上进行实验。对协议进行实际的实验可以获得最好的知识（而且更加有趣）。

用作测试的系统

本书中的每个例子都在一个实际的网络上运行过，输出结果都存在一个文件中。所使用的主机、路由器和网络如图1-11所示（这个图还复制在扉页前的插页中，以方便读者阅读本书时进行参考）。这个网络组合非常简单，其拓扑结构使得例子非常清楚。其中四个系统用作路由器，我们可以观察到路由器所产生的错误。

大多数的系统都有一个名字，以表示所使用的软件类型：bsdi、svr4、sun、solaris、aix、slip等等。这样，我们可以通过打印输出中的系统名字来识别软件的类型。

实际网络中使用了多种不同的操作系统和TCP/IP实现:

- 主机bsdi和slip上运行的操作系统是伯克利软件设计公司的BSD/386 1.0版。这个系统是从BSD网络软件2.0版派生出来的(不同版本的BSD系统的派生关系如图1-10所示)。
- 主机svr4上运行的操作系统是U. H.公司的UNIX V/386 4.0版。这个系统包含了Lachman协会大多数SVR4版本都使用的实现内容。
- 主机sun上运行的操作系统是Sun Microsystems公司的SunOS 4.1.3版。SunOS 4.1.x系统很可能是使用最广泛的TCP/IP实现。TCP/IP代码是从4.2BSD和4.3BSD派生而来的。
- 主机solaris上运行的操作系统是Sun Microsystems公司的Solaris 2.2。Solaris 2.x系统是一个与SunOS 4.1.x和SVR4都不相同的TCP/IP实现(操作系统实际上是SunOS 5.2,但通常称作Solaris 2.2)。
- 主机aix上运行的操作系统是IBM公司的AIX 3.2.2,其TCP/IP实现是基于4.3BSD Reno发行版。
- 主机vangogh.cs.berkeley.edu上运行的是伯克利加利福尼亚大学计算机系统研究小组开发的4.4BSD系统。该系统是伯克利发行的TCP/IP最新版本(这个系统没有画在扉页前图中,但是可以通过Internet访问它)。

尽管这些都是Unix系统,但是TCP/IP是独立于操作系统的,几乎在每个非Unix系统中都可以实现。本书中的大部分内容也可以应用于非Unix系统,但有些程序(如Traceroute)可能不是所有系统都能提供。

有时我们会参考Unix手册中关于某个命令的完整描述,如ifconfig(8)。命令名后面跟一个带括号的数字是参考Unix命令的一般方法。括号中的数字是该命令位于Unix手册中的小节号,在那里可以找到关于该命令的其他信息。不幸的是,并不是所有的Unix系统手册组织结构都一致,即通过小节号来区分不同的命令组。这里,我们采用的是BSD风格(BSD派生系统都是一样的,如SunOS 4.1.3),但是你的手册可能与此并不相同。

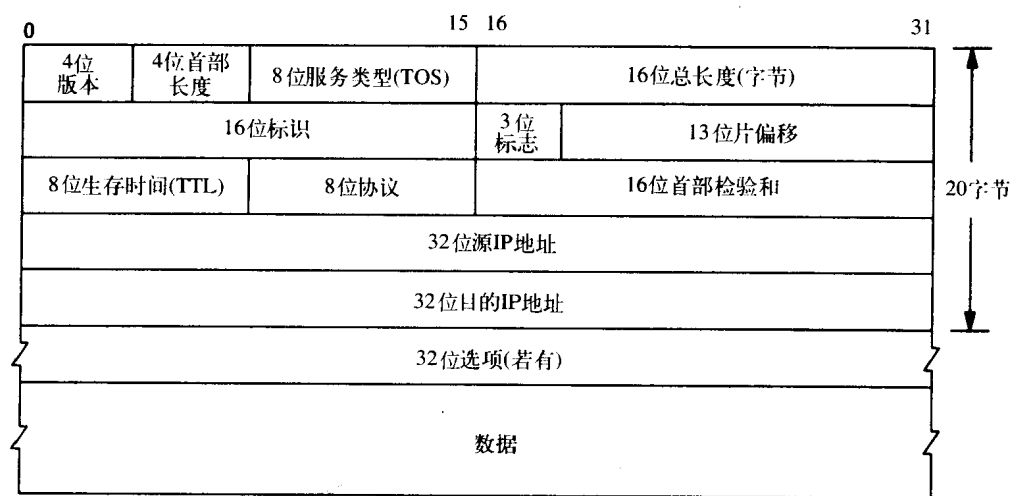
W. Richard Stevens

rstevens@noao.edu

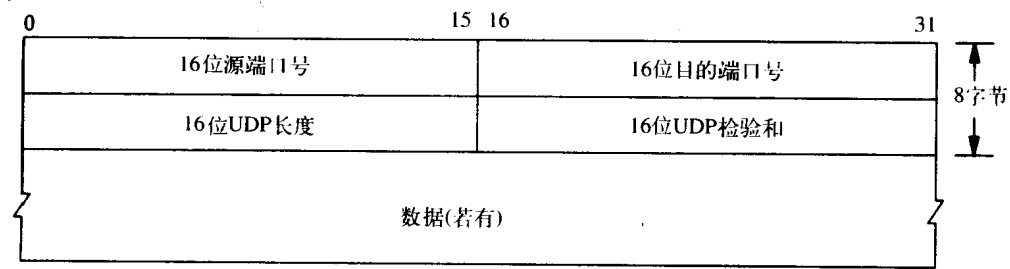
Tucson, Arizona

1993年10月

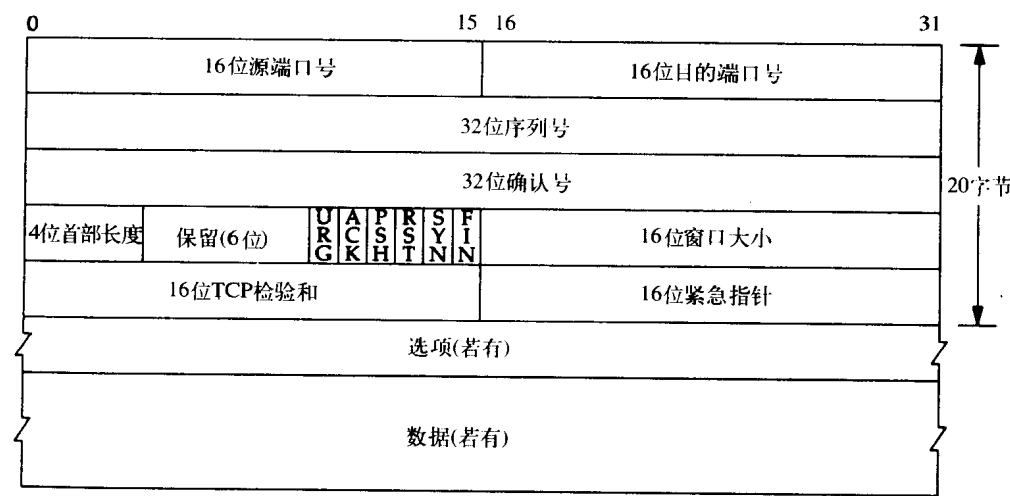
IP 首部

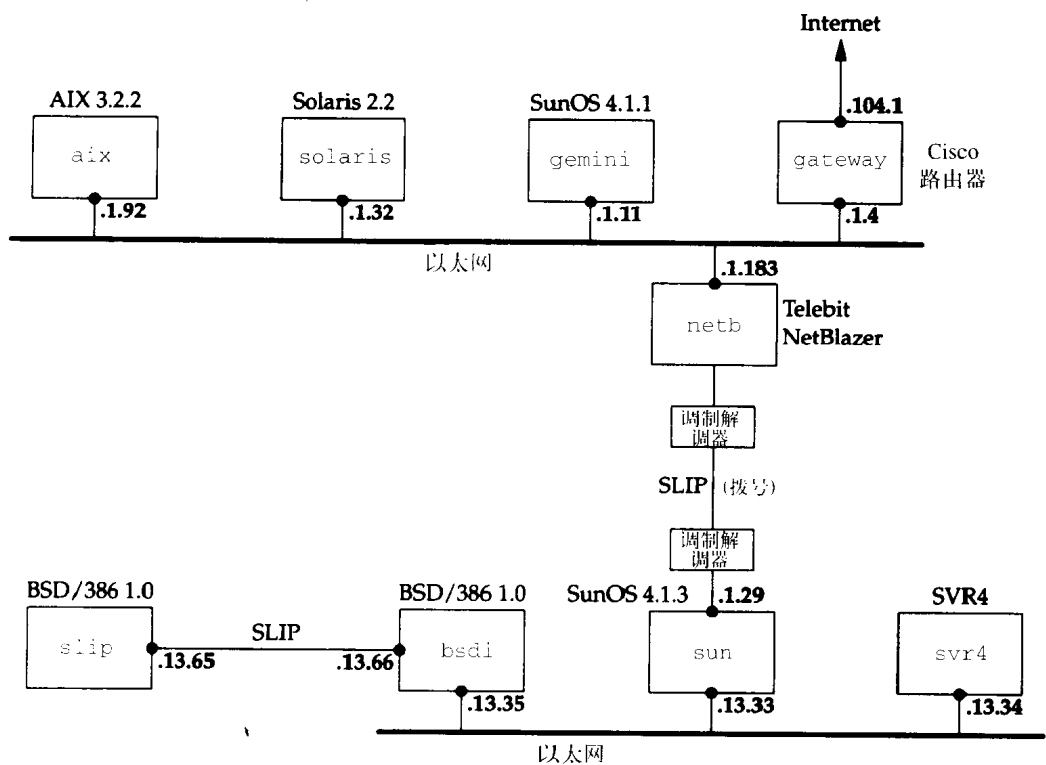


UDP 首部



TCP 首部





本书所有的例子使用的B类网络140.252中的部分地址。
所有的主机都在tuc.noao.edu域中。

目 录

译者序

前言

第1章 概述1

1.1 引言1

1.2 分层1

1.3 TCP/IP的分层4

1.4 互联网的地址5

1.5 域名系统6

1.6 封装6

1.7 分用8

1.8 客户-服务器模型8

1.9 端口号9

1.10 标准化过程10

1.11 RFC10

1.12 标准的简单服务11

1.13 互联网12

1.14 实现12

1.15 应用编程接口12

1.16 测试网络13

1.17 小结13

第2章 链路层15

2.1 引言15

2.2 以太网和IEEE 802封装15

2.3 尾部封装17

2.4 SLIP: 串行线路IP17

2.5 压缩的SLIP18

2.6 PPP: 点对点协议18

2.7 环回接口20

2.8 最大传输单元MTU21

2.9 路径MTU21

2.10 串行线路吞吐量计算21

2.11 小结22

第3章 IP: 网际协议24

3.1 引言24

3.2 IP首部24

3.3 IP路由选择27

3.4 子网寻址30

3.5 子网掩码32

3.6 特殊情况的IP地址33

3.7 一个子网的例子33

3.8 ifconfig命令35

3.9 netstat命令36

3.10 IP的未来36

3.11 小结37

第4章 ARP: 地址解析协议38

4.1 引言38

4.2 一个例子38

4.3 ARP高速缓存40

4.4 ARP的分组格式40

4.5 ARP举例41

4.5.1 一般的例子41

4.5.2 对不存在主机的ARP请求42

4.5.3 ARP高速缓存超时设置43

4.6 ARP代理43

4.7 免费ARP45

4.8 arp命令45

4.9 小结46

第5章 RARP: 逆地址解析协议47

5.1 引言47

5.2 RARP的分组格式47

5.3 RARP举例47

5.4 RARP服务器的设计48

5.4.1 作为用户进程的RARP服务器49

5.4.2 每个网络有多个RARP服务器49

5.5 小结49

第6章 ICMP: Internet控制报文协议50

6.1 引言50

6.2 ICMP报文的类型50

6.3 ICMP地址掩码请求与应答	52	9.3 ICMP主机与网络不可达差错	88
6.4 ICMP时间戳请求与应答	53	9.4 转发或不转发	89
6.4.1 举例	54	9.5 ICMP重定向差错	89
6.4.2 另一种方法	55	9.5.1 一个例子	90
6.5 ICMP端口不可达差错	56	9.5.2 更多的细节	91
6.6 ICMP报文的4BSD处理	59	9.6 ICMP路由器发现报文	92
6.7 小结	60	9.6.1 路由器操作	93
第7章 Ping程序	61	9.6.2 主机操作	93
7.1 引言	61	9.6.3 实现	93
7.2 Ping程序	61	9.7 小结	94
7.2.1 LAN输出	62	第10章 动态选路协议	95
7.2.2 WAN输出	63	10.1 引言	95
7.2.3 线路SLIP链接	64	10.2 动态选路	95
7.2.4 拨号SLIP链路	65	10.3 Unix选路守护程序	96
7.3 IP记录路由选项	65	10.4 RIP: 选路信息协议	96
7.3.1 通常的例子	66	10.4.1 报文格式	96
7.3.2 异常的输出	68	10.4.2 正常运行	97
7.4 IP时间戳选项	69	10.4.3 度量	98
7.5 小结	70	10.4.4 问题	98
第8章 Traceroute程序	71	10.4.5 举例	98
8.1 引言	71	10.4.6 另一个例子	100
8.2 Traceroute 程序的操作	71	10.5 RIP版本2	102
8.3 局域网输出	72	10.6 OSPF: 开放最短路径优先	102
8.4 广域网输出	75	10.7 BGP: 边界网关协议	103
8.5 IP源站选路选项	76	10.8 CIDR: 无类型域间选路	104
8.5.1 宽松的源站选路的traceroute		10.9 小结	105
程序示例	78	第11章 UDP: 用户数据报协议	107
8.5.2 严格的源站选路的traceroute		11.1 引言	107
程序示例	79	11.2 UDP首部	107
8.5.3 宽松的源站选路traceroute程序		11.3 UDP检验和	108
的往返路由	80	11.3.1 tcpdump输出	109
8.6 小结	81	11.3.2 一些统计结果	109
第9章 IP选路	83	11.4 一个简单的例子	110
9.1 引言	83	11.5 IP分片	111
9.2 选路的原理	84	11.6 ICMP不可达差错 (需要分片)	113
9.2.1 简单路由表	84	11.7 用Traceroute确定路径MTU	114
9.2.2 初始化路由表	86	11.8 采用UDP的路径MTU发现	116
9.2.3 较复杂的路由表	87	11.9 UDP和ARP之间的交互作用	118
9.2.4 没有到达目的地的路由	87	11.10 最大UDP数据报长度	119

11.11 ICMP源站抑制差错	120	14.4 一个简单的例子	147
11.12 UDP服务器的设计	122	14.5 指针查询	150
11.12.1 客户IP地址及端口号	122	14.5.1 举例	151
11.12.2 目标IP地址	122	14.5.2 主机名检查	151
11.12.3 UDP输入队列	122	14.6 资源记录	152
11.12.4 限制本地IP地址	124	14.7 高速缓存	153
11.12.5 限制远端IP地址	125	14.8 用UDP还是用TCP	156
11.12.6 每个端口有多个接收者	125	14.9 另一个例子	156
11.13 小结	126	14.10 小结	157
第12章 广播和多播	128	第15章 TFTP: 简单文件传送协议	159
12.1 引言	128	15.1 引言	159
12.2 广播	129	15.2 协议	159
12.2.1 受限的广播	129	15.3 一个例子	160
12.2.2 指向网络的广播	129	15.4 安全性	161
12.2.3 指向子网的广播	129	15.5 小结	162
12.2.4 指向所有子网的广播	130	第16章 BOOTP: 引导程序协议	163
12.3 广播的例子	130	16.1 引言	163
12.4 多播	132	16.2 BOOTP的分组格式	163
12.4.1 多播组地址	133	16.3 一个例子	164
12.4.2 多播组地址到以太网地址的转换	133	16.4 BOOTP服务器的设计	165
12.4.3 FDDI和令牌环网络中的多播	134	16.5 BOOTP穿越路由器	167
12.5 小结	134	16.6 特定厂商信息	167
第13章 IGMP: Internet组管理协议	136	16.7 小结	168
13.1 引言	136	第17章 TCP: 传输控制协议	170
13.2 IGMP报文	136	17.1 引言	170
13.3 IGMP协议	136	17.2 TCP的服务	170
13.3.1 加入一个多播组	136	17.3 TCP的首部	171
13.3.2 IGMP报告和查询	137	17.4 小结	173
13.3.3 实现细节	137	第18章 TCP连接的建立与终止	174
13.3.4 生存时间字段	138	18.1 引言	174
13.3.5 所有主机组	138	18.2 连接的建立与终止	174
13.4 一个例子	138	18.2.1 tcpdump的输出	174
13.5 小结	141	18.2.2 时间系列	175
第14章 DNS: 域名系统	142	18.2.3 建立连接协议	175
14.1 引言	142	18.2.4 连接终止协议	177
14.2 DNS基础	142	18.2.5 正常的tcpdump输出	177
14.3 DNS的报文格式	144	18.3 连接建立的超时	178
14.3.1 DNS查询报文中的问题部分	146	18.3.1 第一次超时时间	178
14.3.2 DNS响应报文中的资源记录部分	147	18.3.2 服务类型字段	179

18.4 最大报文段长度	179	20.9 小结	224
18.5 TCP的半关闭	180	第21章 TCP的超时与重传	226
18.6 TCP的状态变迁图	182	21.1 引言	226
18.6.1 2MSL等待状态	183	21.2 超时与重传的简单例子	226
18.6.2 平静时间的概念	186	21.3 往返时间测量	227
18.6.3 FIN_WAIT_2状态	186	21.4 往返时间RTT的例子	229
18.7 复位报文段	186	21.4.1 往返时间RTT的测量	229
18.7.1 到不存在的端口的连接请求	187	21.4.2 RTT估计器的计算	231
18.7.2 异常终止一个连接	187	21.4.3 慢启动	233
18.7.3 检测半打开连接	188	21.5 拥塞举例	233
18.8 同时打开	189	21.6 拥塞避免算法	235
18.9 同时关闭	191	21.7 快速重传与快速恢复算法	236
18.10 TCP选项	191	21.8 拥塞举例(续)	237
18.11 TCP服务器的设计	192	21.9 按每条路由进行度量	240
18.11.1 TCP服务器端口号	193	21.10 ICMP的差错	240
18.11.2 限定的本地IP地址	194	21.11 重新分组	243
18.11.3 限定的远端IP地址	195	21.12 小结	243
18.11.4 呼入连接请求队列	195	第22章 TCP的坚持定时器	245
18.12 小结	197	22.1 引言	245
第19章 TCP的交互数据流	200	22.2 一个例子	245
19.1 引言	200	22.3 糊涂窗口综合症	246
19.2 交互式输入	200	22.4 小结	250
19.3 经受时延的确认	201	第23章 TCP的保活定时器	251
19.4 Nagle算法	203	23.1 引言	251
19.4.1 关闭Nagle算法	204	23.2 描述	252
19.4.2 一个例子	205	23.3 保活举例	253
19.5 窗口大小通告	207	23.3.1 另一端崩溃	253
19.6 小结	208	23.3.2 另一端崩溃并重新启动	254
第20章 TCP的成块数据流	209	23.3.3 另一端不可达	254
20.1 引言	209	23.4 小结	255
20.2 正常数据流	209	第24章 TCP的未来和性能	256
20.3 滑动窗口	212	24.1 引言	256
20.4 窗口大小	214	24.2 路径MTU发现	256
20.5 PUSH标志	215	24.2.1 一个例子	257
20.6 慢启动	216	24.2.2 大分组还是小分组	258
20.7 成块数据的吞吐量	218	24.3 长肥管道	259
20.7.1 带宽时延乘积	220	24.4 窗口扩大选项	262
20.7.2 拥塞	220	24.5 时间戳选项	263
20.8 紧急方式	221	24.6 PAWS: 防止回绕的序号	265

24.7 T/TCP: 为事务用的TCP扩展	265	26.2.6 客户到服务器的命令	297
24.8 TCP的性能	267	26.2.7 客户的转义符	298
24.9 小结	268	26.3 Rlogin的例子	298
第25章 SNMP: 简单网络管理协议	270	26.3.1 初始的客户-服务器协议	298
25.1 引言	270	26.3.2 客户中断键	299
25.2 协议	270	26.4 Telnet协议	302
25.3 管理信息结构	272	26.4.1 NVT ASCII	302
25.4 对象标识符	274	26.4.2 Telnet命令	302
25.5 管理信息库介绍	274	26.4.3 选项协商	303
25.6 实例标识	276	26.4.4 子选项协商	304
25.6.1 简单变量	276	26.4.5 半双工、一次一字符、一次 一行或行方式	304
25.6.2 表格	276	26.4.6 同步信号	306
25.6.3 字典式排序	277	26.4.7 客户的转义符	306
25.7 一些简单的例子	277	26.5 Telnet举例	306
25.7.1 简单变量	278	26.5.1 单字符方式	306
25.7.2 get-next操作	278	26.5.2 行方式	310
25.7.3 表格的访问	279	26.5.3 一次一行方式(准行方式)	312
25.8 管理信息库(续)	279	26.5.4 行方式: 客户中断键	313
25.8.1 system组	279	26.6 小结	314
25.8.2 interface组	280	第27章 FTP: 文件传送协议	316
25.8.3 at组	281	27.1 引言	316
25.8.4 ip组	282	27.2 FTP协议	316
25.8.5 icmp组	285	27.2.1 数据表示	316
25.8.6 tcp组	285	27.2.2 FTP命令	318
25.9 其他一些例子	288	27.2.3 FTP应答	319
25.9.1 接口MTU	288	27.2.4 连接管理	320
25.9.2 路由表	288	27.3 FTP的例子	321
25.10 Trap	290	27.3.1 连接管理: 临时数据端口	321
25.11 ASN.1和BER	291	27.3.2 连接管理: 默认数据端口	323
25.12 SNMPv2	292	27.3.3 文本文件传输: NVT ASCII 表示还是图像表示	325
25.13 小结	292	27.3.4 异常中止一个文件的传输: Telnet同步信号	326
第26章 Telnet和Rlogin: 远程登录	293	27.3.5 匿名FTP	329
26.1 引言	293	27.3.6 来自一个未知IP地址的匿名FTP	330
26.2 Rlogin协议	294	27.4 小结	331
26.2.1 应用进程的启动	295	第28章 SMTP: 简单邮件传送协议	332
26.2.2 流量控制	295	28.1 引言	332
26.2.3 客户的中断键	296		
26.2.4 窗口大小的改变	296		
26.2.5 服务器到客户的命令	296		

28.2 SMTP协议	332	29.6.1 简单的例子: 读一个文件	356
28.2.1 简单例子	332	29.6.2 简单的例子: 创建一个目录	357
28.2.2 SMTP命令	334	29.6.3 无状态	358
28.2.3 信封、首部和正文	335	29.6.4 例子: 服务器崩溃	358
28.2.4 中继代理	335	29.6.5 等幂过程	360
28.2.5 NVT ASCII	337	29.7 第3版的NFS	360
28.2.6 重试间隔	337	29.8 小结	361
28.3 SMTP的例子	337	第30章 其他的TCP/IP应用程序	363
28.3.1 MX记录: 主机非直接连到 Internet	337	30.1 引言	363
28.3.2 MX记录: 主机出故障	339	30.2 Finger协议	363
28.3.3 VRFY和EXPN命令	340	30.3 Whois协议	364
28.4 SMTP的未来	340	30.4 Archie、WAIS、Gopher、Veronica 和WWW	366
28.4.1 信封的变化: 扩充的SMTP	341	30.4.1 Archie	366
28.4.2 首部变化: 非ASCII字符	342	30.4.2 WAIS	366
28.4.3 正文变化: 通用Internet邮件 扩充	343	30.4.3 Gopher	366
28.5 小结	346	30.4.4 Veronica	366
第29章 网络文件系统	347	30.4.5 万维网WWW	367
29.1 引言	347	30.5 X窗口系统	367
29.2 Sun远程过程调用	347	30.5.1 Xscope程序	368
29.3 XDR: 外部数据表示	349	30.5.2 LBX: 低带宽X	370
29.4 端口映射器	349	30.6 小结	370
29.5 NFS协议	351	附录A tcpdump程序	371
29.5.1 文件句柄	353	附录B 计算机时钟	376
29.5.2 安装协议	353	附录C sock程序	378
29.5.3 NFS过程	354	附录D 部分习题的解答	381
29.5.4 UDP还是TCP	355	附录E 配置选项	395
29.5.5 TCP上的NFS	355	附录F 可以免费获得的源代码	406
29.6 NFS实例	356	参考文献	409
		缩略语	420