

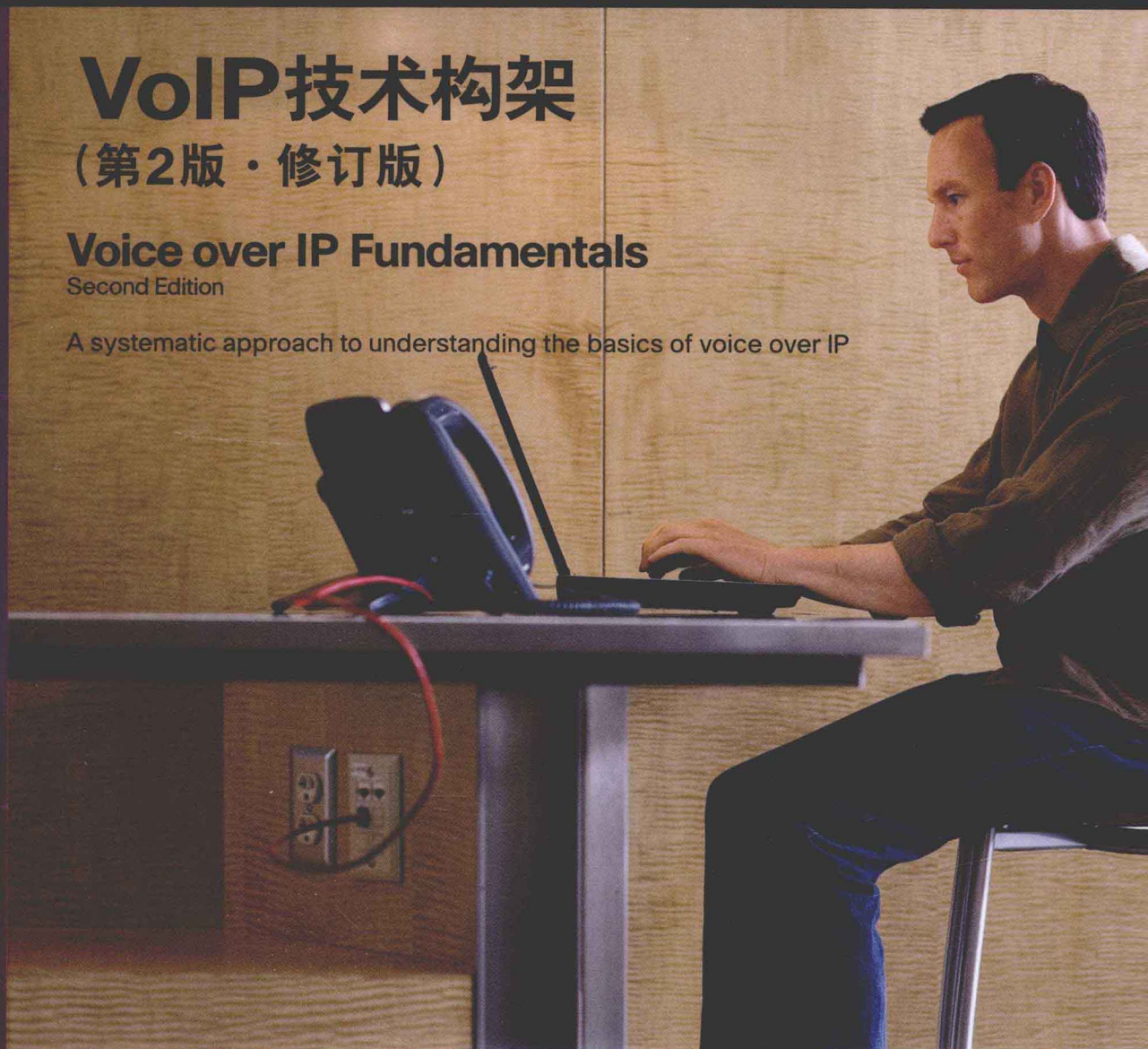
VoIP技术构架

(第2版·修订版)

Voice over IP Fundamentals

Second Edition

A systematic approach to understanding the basics of voice over IP



ciscopress.com

VoIP技术构架

(第2版·修订版)

Voice over IP Fundamentals

Second Edition

[美] Jonathan Davidson James Peters Manoj Bhatia 著
Satish Kalidindi Sudipto Mukherjee
高艳 译

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

VoIP技术构架 / (美) 戴维森 (Davidson, J.) 等著
; 高艳译. -- 2版 (修订本). -- 北京 : 人民邮电出版
社, 2012. 12
ISBN 978-7-115-29640-5

I. ①V… II. ①戴… ②高… III. ①互联网络—语音
数据处理—研究 IV. ①TN912.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第239247号

版 权 声 明

Voice over IP Fundamentals (2nd Edition) (ISBN: 1587052571)

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by Cisco Press.

All rights reserved.

本书中文简体字版由美国 Cisco Press 授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书任何部
分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 侵权必究。

VoIP 技术构架 (第 2 版 · 修订版)

-
- ◆ 著 [美] Jonathan Davidson James Peters Manoj Bhatia
Satish Kalidindi Sudipto Mukherjee
译 高 艳
责任编辑 傅道坤
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 19.5
字数: 478 千字 2012 年 12 月第 2 版
印数: 1—3 000 册 2012 年 12 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-6906 号

ISBN 978-7-115-29640-5

定价: 55.00 元

读者服务热线: (010) 67132692 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

内容提要

本书解释了今天的一个基本的电话架构的建立和工作、有关语音和数据组网的主要概念、在数据网上传输语音和与电话系统互联的 IP 信令协议。通过阅读本书，读者可以理解企业与公共电话组网、IP 组网和语音在 IP 网络传输的相关知识；学习数据语音网络集成的种种注意事项；验证基本 VoIP 信令协议（H.323、MGCP/H.248、SIP）和已有的主要语音信令协议（ISDN、C7/SS7）；探索 VoIP 怎样以更有效和更广泛的方式来实现现有电话系统上的应用；深入研究抖动、时延、分组丢失、编码、QoS 工具和安全等 VoIP 主题。

本书可供任何需要理解怎样使用 IP 网络传输数据的读者参考，对于那些语音、数据专家将极有帮助。本书也为网络管理员、软件工程师和其他对此项技术感兴趣的读者介绍了理解 VoIP 网络所需的相关知识。

关于作者

Jonathan Davidson, CCIE #2560, 是集成网络系统工程部 (Integrated Network Systems Engineering) 的SP解决方案工程主管。与他人合著了本书第1版, 并担任*Deploying Cisco Voice over IP*一书的编辑。他已经在Cisco工作了10年之久, 先后服务于售前支持、市场和工程部等部门。

James Peters是Cisco公司运营商核心网络和多服务业务部门 (Carrier Core and Multiservice Business Unit) 的产品营销主管。他参与编写了本书第1版, 目前正在编写一本关于多服务组网的书。James在构建和部署基于Internet的语音和数据网络, 以及产品开发方面有20多年的工作经验。

Manoj Bhatia是Cisco公司IP通信业务部 (IP Communications Business Unit, IPCBU) 的业务开发经理, 负责合作伙伴项目。他是最早在Cisco VoIP网关和基于IOS的路由器上用软件开发SIP技术的人员之一。他参与了包括媒体网关、呼叫代理和基于SIP的驻留语音解决方案等许多VoIP产品的技术推广工作。在加盟Cisco前, Manoj曾工作于北电网络公司和Summa Four公司 (现已被Cisco收购), 在SS7、呼叫控制和VoIP技术等通信协议领域有超过14年的经验。

Satish Kalidindi是Cisco公司的软件工程师。他在开发和部署VoIP技术方面有超过6年的经验。他曾参与包括IOS网关和Cisco CallManager等多种产品的开发工作。最近他主要从事于CCM的安全功能的开发。他毕业于普渡大学, 获工程硕士学位。

Sudipto Mukherjee是Cisco公司的软件工程师。他拥有许多通信设备的开发和部署经验, 例如有线、无线和VoIP网络上的通信设备。他最近正在参与SIP网关开发工作。Sudipto拥有GS技术学院 (GS Institute of Technology, Indore) 的电子电信工程学士学位和印度科学研究院 (Indian Institute of Science, Bangalore) 的电子设计与技术硕士学位。

关于技术审稿人

Brian Gracely, CCIE #3077, 是 Cisco Linksys 小企业系统业务部门 (Cisco/Linksys Small Business Systems Business Unit) 的技术领导。他负责 Linksys One 解决方案的整体架构, Linksys One 解决方案的目标是小企业的统一组网。Brian 在 Cisco 已经工作了 10 年, 曾先后担任设计、工程、市场和技术支持等多个职位。他也是本书第 1 版的作者之一。

Jesse J. Herrera 是位于得克萨斯休斯敦的一家财富 100 强公司的高级系统分析员。他拥有亚利桑那大学 (University of Arizona) 的计算机科学学士学位和南卫理公会大学 (Southern Methodist University) 的电信管理硕士学位。他的职责包括企业网络架构的设计与部署, 其中包括容量计划、性能监控和网络集成服务。目前他主要负责无线网络和虚拟专用网络计划, 并对电子商务提供支持。

Brion S. Washington 拥有超过 10 年的网络从业经验, 而且最后 4 年一直致力于 VoIP 方面的工作。他当前正在为 CCIE 路由/交换认证的机试和 CCVP 认证做准备。他居住在美国中西部, 以网络咨询为生。

致谢

Jonathan Davidson:

衷心感谢 John Kane，感谢他在我们编写本书时所表现出来的勤勉和耐心。我还要感谢 Manoj Bhatia、Satish Kalidindi 和 Sudipto Mukherjee，是他们让本书得以出版。

我还要感谢我的两个孩子 Megan 和 Ethan，感谢你们容忍你们的父亲总是在笔记本电脑前工作。你们俩是最棒的。

Manoj Bhatia:

我要感谢 Cisco Press 团队、本书的合著者和审稿人，以及我的经理 Chris Losack，是他们鼓励我编写本书。

我还要感谢我的妻子 Anu，以及我的孩子 Dhvani 和 Rhythm，谢谢他们在我长时间的研究和录入时所表现出来的理解。我希望他们能够了解 VoIP 这个很有意思的单词，因为他们在现在和不久的将来，将是 VoIP 的真正使用者！

Satish Kalidindi:

我要感谢 John Kane 和 Cisco Press 的编辑团队，感谢他们始终如一的努力和鼓励。感谢审稿人和合著者的勤勉工作。

也感谢我的妻子 Valli，她与我一起共度了那么多不眠之夜。

Sudipto Mukherjee:

感谢我的合著者、审稿人和我的经理 Kimberly Quinn，感谢他们的支持和鼓励。特别感谢 Cisco Press 团队在我们编写本书时表现出来的理解与宽容。

感谢我的父母的鼓励和支持。

感谢我的妻子 Chandrima，我的孩子 Shreyasi 和 Joydeep，感谢他们在我编写本书时给予的爱和支持。

前言

本书第 1 版完成于 1999 年，在其中，我们描述了一个发生在“新世界服务提供商（new-world service provider）”与已有的“整体式提供商和集团（monolithic provider and corporation）”之间的争斗。现在，我们都已知道这个�事的结果——大多数的新世界公司和服务提供商都已经停业了，而且他们的资产已经被清算或者被那些整体式服务提供商所吞并。

这些泡沫的爆裂也影响了 VoIP。VoIP 会成为另一个使用新技术和创新来运营商业的牺牲品么？您没有必要去向水晶球询问答案，市场已经决定了一切。VoIP 或者通常所说的“IP 通信（IP communication）”，作为目前和将来的主要通信机制，已经是不言而喻的事实。

最近的美国电信工业协会（Telecommunications Industry Association, TIA）的报告指出，住宅 VoIP 用户在 2005 年增加了 3 倍还多。TIA 同时预测，直到 2009 年年均复合增长率（compounded annual growth rate）将超过 40%。这将会增加超过 1800 万的 VoIP 用户。这些都证明了，分组语音（packet voice）不但增长迅速，而且已经占稳了市场。这只是一个消费者接纳此项技术的例子，而中小企业和大型企业的接受能力一向是惊人的。

传统的 TDM PBX（专用小交换机）正在迅速地被功能丰富的企业级商务通信工具所代替。与其说这是一个经济的语音传送方式，不如说是一个全新的与客户和合作伙伴沟通的方式。

本书第 1 版已销售了很多年。我最初的合著者 James Peters 和我编写本书时，主要致力于提供基础知识以使其成为人们长期的参考书。虽然市场可能日新月异，但最基本的基础技术一旦在经过最初的飞速增长后，通常会稳定下来并在新应用的驱动下稳定发展。

本书第 1 版也许会像恐龙一样消逝，但其中的许多最初理念仍然是正确的。修订本书的一个目的就是过去 6 年里所有技术上的变化更新进来。例如，会话发起协议（Session Initiation Protocol, SIP）在 1999 年就已经成熟，到现在仍然是许多新应用（像手机的“一键通”或称为“即按即说”[push to talk]，以及 IMS 架构）的基石。修订本书的另一个同样重要的目的就是讨论以这些基本技术为基础的新应用，以及它们对使用者的影响。

本书的编写目的

什么是 VoIP，它是怎样应用于你的生活中的？VoIP 就是将声音分解（称为采样）然后将它们放在 IP 分组中。语音和数据网络本身是复杂的技术，有很多书是关于这个技术

的。本书解释了当今一个基本的电话架构是怎样建立和工作的，与语音和数据网络相关的主要概念，在数据网上传输语音以及与现在电话系统交互工作的 IP 信令协议。同时它也回答了如下的主要问题：

- 什么是 IP；
- 当今的电话网络中，声音是怎样被信号化的；
- 都有哪些 IP 信令协议，都是针对哪种网络的；
- 什么是 QoS（服务质量），怎样保证一个网络上的语音质量。

除了上述这些，本书也描述了网络管理员、软件工程师和只是对此项技术感兴趣的读者要理解 VoIP 网络所需的基本知识。

本书努力完成以下目标：

- 提供一个企业和公共电话网络的基本介绍；
- 介绍 IP 网络概念；
- 详细介绍语音如何在 IP 网络上传输；
- 讲解语音网络和数据网络的各种注意事项；
- 提供各种公共交换电话网（Public Switched Telephone Network, PSTN）和 IP 信令协议的参考信息。

虽然本书包含了大量关于怎样建设一个 VoIP 网络的技术信息和建议，但它不是一本设计和实施指南，所以没有提供部署的详细信息。

本书读者对象

本书是为所有试图理解怎样使用 IP 网络传输数据的读者而写的，对那些语音和数据网络的专家也很有帮助。在过去，语音与数据方面的权威们没有必要理解对方是怎样做的。然而在时分复用（Time Division Multiplexing, TDM）和 IP 合一的时代，同时理解这些技术是怎样工作的就很重要了。这本书解释了语音专家们开始理解数据网络和数据专家们开始理解语音网络所需的详细信息。

本书的编排还考虑了另一部分读者：那些拥有有限的数据和语音网络知识，但具有技术悟性的读者可以在从本书了解到语音和数据网络的同时，了解两者是怎样合一的。

除了讨论语音和数据网络外，本书还会详细介绍 VoIP 协议，可以说，本书是真正关于 VoIP 的。这使得这本书成为设计、建设、部署 VoIP 网络，甚至为 VoIP 网络开发软件的参考指南。

熟悉 IP 网络的读者可以跳过第 6 章；同样，语音网络专家可以跳过第 3 章。

章节组织

第 1 章比较了传统 TDM 网络与运行分组语音网络的相似与不同。

第2章、第3章、第4章和第5章讲解了企业电话、PSTN 信令基础、7号信令系统 (Signaling System 7, SS7) 以及其他 PSTN 服务。这些章节为那些拥有数据网络知识但初涉语音领域的专业人士提供了背景信息。对于那些熟悉特定语音领域并想涉及多个语音网络协议的读者来讲, 这些也是很好的初级读物。

第6章是一个 IP 世界的深入介绍。讲解了基本的子网划分和开放系统互连 (Open Systems Interconnection, OSI) 参考模型, 并且比较了传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 与用户数据报协议 (User Datagram Protocol, UDP)。

第7章和第8章将深入网络电话 (VoIP) 的细节, 详细介绍各个功能组件是怎样组合在一起形成解决方案的。这两章主要讨论了信号抖动、延迟、分组丢失、编解码器 (codecs)、QoS 工具、平均评定得分 (Mean Opinion Score, MOS) 和其他实施分组语音网络所需要考虑的因素。

第9章回顾了无连接 IP 环境下计费的重要性。没有固定的物理位置和在任意地方都可以接入的特点, 使这种新的业务模型需要我们重新考虑在 VoIP 网络上如何计费和仲裁。

第10章讨论了分组语音环境下常见的威胁。

第11章、第12章和第13章内容覆盖了各种信令协议及他们潜在的应用。这些章节使网络实施者理解建立呼叫、解除呼叫和提供服务所需要的网络组件及信令。

第14章和第15章内容覆盖了使用 Cisco 网关部署一个 VoIP 网络所需的功能组件。这两章内容包括了配置细节和案例研究。

第16章内容覆盖了企业使用网关部署语音网络所需的架构和功能组件, 讨论了 VoIP 技术是怎样通过协同使用如 Web 会议 (Web conferencing) 和存在察觉服务 (presence-aware service) 等应用来激发企业的生产力的。

时效性

从开始编写这本书起, 我们就明确了本书的技术基线。然而, 这些技术的使用, 以及使用哪种架构机制来部署和开发, 都才刚刚开始。虽然许多应用已经成功地开发部署, 但对于整个网络来讲, 才刚刚开始迁移至一个高速发展的应用开发架构上。在第一次编写本书的时候, VoIP 在许多发展中国家并不合法, 即使有也没有太大的意义, 现在这种情况已经有了很大的改变, 在大多数地方 VoIP 是合法的, 而且蒸蒸日上。本书仍然是新 VoIP 技术专家的基本指南。请记住这些技术将继续发展以支持新的应用。建议继续关注因特网工程任务组 (Internet Engineering Task Force, IETF, <http://www.ietf.org>) 和国际电信联盟 (International Telecommunication Union, ITU, <http://www.itu.int/>) 的相关信令草案。

未来之路

VoIP 已经彻底地改变了我们每个人的日常沟通方式。也许您现在就正与某个人在 IP 网上交谈。由于 VoIP 将数据网络和语音网络合二为一，您将继续发现例如即时语音（presence-based voice）这样的新应用，以及一些新的沟通合作方式。我们希望您带着和我们编写本书一样的喜悦心情来阅读本书！

目录

第 1 章 PSTN 概览及与 VoIP 的比较	1
1.1 PSTN 起源	1
1.2 PSTN 基础	2
1.2.1 模拟与数字信号	3
1.2.2 数字语音信号	4
1.2.3 本地回路、中继线以及交换机间通信	5
1.2.4 PSTN 信令	6
1.3 PSTN 服务与应用	10
1.4 语音与数据网合二为一的驱动力	13
1.5 分组电话网络的驱动力	14
1.5.1 基于标准的分组架构层	15
1.5.2 开放呼叫控制层	16
1.5.3 VoIP 呼叫控制协议	17
1.5.4 开放业务应用层	21
1.6 新 PSTN 网络架构模型	21
1.7 小结	23
第 2 章 企业电话的今天	25
2.1 PSTN 与 ET 的相似之处	25
2.2 PSTN 与 ET 的不同之处	25
2.2.1 信令处理	25
2.2.2 增强功能	26
2.3 PSTN 与 ET 互联的通用方式	27
2.3.1 PSTN 提供的 ET 网络	27
2.3.2 私有 ET 网络	29
2.4 小结	33
第 3 章 基本电话信令	35
3.1 信令概览	35
3.1.1 模拟与数字信令	35
3.1.2 直流信令	36
3.1.3 带内和带外信令	36
3.1.4 回路启动和接地启动信令	37
3.1.5 CAS 与 CCS	37
3.2 E&M 信令	37

3.2.1	I 类	38
3.2.2	II 类	38
3.2.3	III 类	39
3.2.4	IV 类	40
3.2.5	V 类	40
3.3	CAS	41
3.3.1	贝尔系统 MF 信令	41
3.3.2	CCITT No.5 信令	44
3.3.3	R1	46
3.3.4	R2	46
3.4	ISDN	49
3.4.1	ISDN 业务	50
3.4.2	ISDN 接入接口	50
3.4.3	ISDN L2 和 L3 协议	52
3.4.4	基本 ISDN 呼叫	54
3.5	QSIG	55
3.5.1	QSIG 服务	56
3.5.2	QSIG 体系架构和参照点	56
3.5.3	QSIG 协议栈	57
3.6	DPNSS	58
3.7	小结	58
第 4 章	7 号信令系统	61
4.1	SS7 体系结构	61
4.1.1	信令元素	62
4.1.2	信令链路	65
4.2	SS7 协议概览	68
4.2.1	物理层——MTP L1	69
4.2.2	数据层——MTP L2	70
4.2.3	网络层——MTP3	74
4.2.4	SCCP	79
4.2.5	TUP	81
4.2.6	ISUP	81
4.2.7	TCAP	84
4.2.8	TCAP 接口	85
4.3	SS7 举例	86
4.3.1	基本呼叫建立和拆除示例	86

4.3.2 800 数据库查询示例	87
4.4 SS7 规范	88
4.5 小结	89
第 5 章 公共交换电话网 (PSTN) 服务	91
5.1 普通老式电话业务	91
5.1.1 定制呼叫业务	92
5.1.2 定制本地信令业务	92
5.1.3 语音信箱	92
5.2 商务业务	93
5.2.1 虚拟专用语音网络	93
5.2.2 汇线通业务	94
5.2.3 呼叫中心业务	94
5.3 服务提供商业务	95
5.3.1 数据库业务	95
5.3.2 接线员业务	95
5.4 小结	96
第 6 章 IP 技术指南	99
6.1 OSI 参考模型	99
6.1.1 应用层	100
6.1.2 表示层	100
6.1.3 会话层	100
6.1.4 传输层	101
6.1.5 网络层	101
6.1.6 数据链路层	101
6.1.7 物理层	101
6.2 因特网协议	102
6.3 数据链路层地址	103
6.4 IP 地址	103
6.5 路由协议	105
6.5.1 距离向量路由	106
6.5.2 链路状态路由	106
6.5.3 BGP	106
6.5.4 IS-IS	106
6.5.5 OSPF	106
6.5.6 IGRP	107
6.5.7 EIGRP	107

6.5.8 RIP	107
6.6 IP 传输机制	107
6.6.1 TCP	108
6.6.2 UDP	109
6.7 小结	110
6.8 参考资料	110
第 7 章 VoIP: 深入分析	113
7.1 延迟/时延	113
7.1.1 传播延迟	114
7.1.2 处理延迟	114
7.1.3 队列延迟	114
7.2 抖动	115
7.3 脉冲编码调制	116
7.3.1 什么是 PCM	116
7.3.2 卫星网络采样示例	116
7.4 语音压缩	117
7.4.1 语音编码标准	118
7.4.2 平均意见得分	118
7.4.3 知觉语音质量测量	119
7.5 回音	120
7.6 分组丢失	121
7.7 语音活动检测	122
7.8 数字到模拟的转换	122
7.9 串联编码	123
7.10 传输协议	125
7.10.1 RTP	125
7.10.2 RUdp	126
7.11 拨号计划设计	127
7.12 端局交换机与 IP 电话呼叫流程	128
7.13 小结	129
7.14 参考书目	130
第 8 章 QoS	133
8.1 QoS 网络工具箱	133
8.2 边缘功能	135
8.2.1 带宽限制	135
8.2.2 cRTP	136

8.2.3 队列	138
8.2.4 包分类	142
8.3 流量管制	146
8.3.1 CAR	147
8.3.2 流量整形	148
8.3.3 边缘 QoS 总结	154
8.4 主干网络	154
8.4.1 高速传输	154
8.4.2 拥塞避免	155
8.4.3 主干 QoS 总结	156
8.5 QoS 经验法则	156
8.6 思科实验室的 QoS 测试	157
8.7 小结	159
第 9 章 计费与仲裁服务	161
9.1 计费基础	161
9.1.1 AAA	162
9.1.2 RADIUS	162
9.1.3 厂商定义属性 (VSA)	163
9.1.4 计费格式	163
9.2 案例学习: 思科代理服务器和计费	165
9.3 VoIP 网络的挑战	169
9.4 仲裁服务	170
9.5 小结	171
第 10 章 语音安全	173
10.1 安全需求	173
10.2 安全技术	173
10.2.1 共享密钥方式	173
10.2.2 公钥加密	174
10.3 语音设备保护	178
10.4 IP 网络设施保护	178
10.4.1 分割	178
10.4.2 流量管制	179
10.4.3 802.1x 设备认证	179
10.4.4 第 2 层工具	180
10.4.5 NIPS	182
10.4.6 第 3 层工具	182

10.5 安全计划和策略	183
10.5.1 信任传递	184
10.5.2 VoIP 协议定义议题	184
10.5.3 复杂性问题	184
10.5.4 NAT/防火墙穿越	184
10.5.5 口令和访问控制	184
10.6 小结	185
第 11 章 H.323	187
11.1 H.323 元素	190
11.1.1 终端	191
11.1.2 网关	192
11.1.3 网守	192
11.1.4 MCU 和元素	193
11.1.5 H.323 代理服务器	193
11.2 H.323 协议组	194
11.2.1 RAS 信令	195
11.2.2 呼叫控制信令 (H.225)	197
11.2.3 媒体控制和传输 (H.245 和 RTP/RTCP)	200
11.3 H.323 呼叫流程	202
11.4 小结	205
第 12 章 SIP	209
12.1 SIP 概览	209
12.1.1 SIP 提供的功能	209
12.1.2 SIP 网络元素	210
12.1.3 与其他 IETF 协议交互	210
12.1.4 SIP 网络中的消息流程	212
12.2 SIP 消息构造基础	212
12.2.1 SIP 寻址	212
12.2.2 SIP 消息	213
12.2.3 SIP 事务和对话	218
12.2.4 SIP 信令的传输层协议	219
12.3 基本 SIP 操作	219
12.3.1 代理服务器举例	219
12.3.2 重定向服务器举例	220
12.3.3 B2BUA 服务器举例	221
12.4 SIP 注册和路由选择过程	223