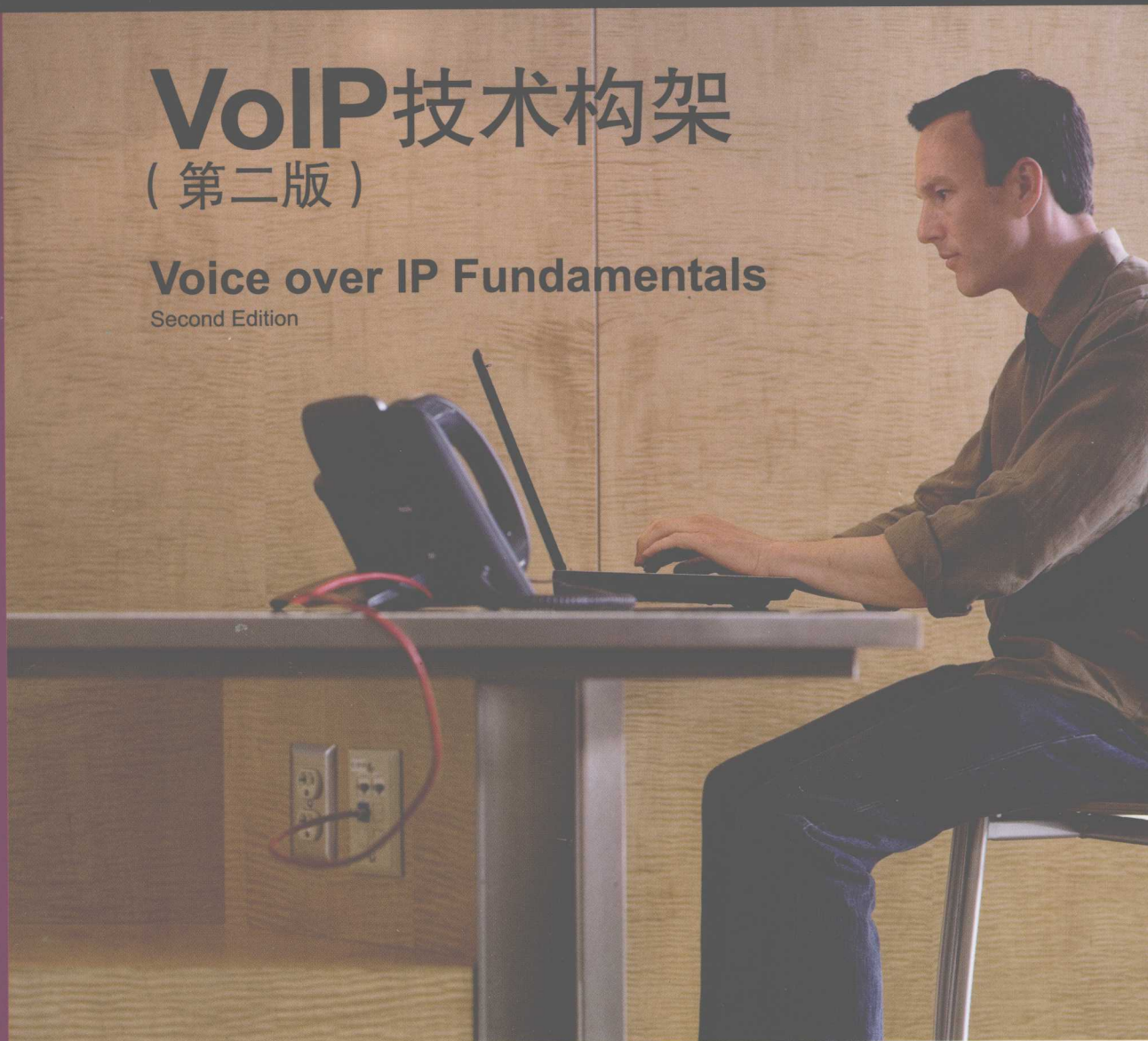


VoIP技术构架

(第二版)

Voice over IP Fundamentals

Second Edition





VoIP 技术

第 1 期

VoIP 技术

第 1 期



VoIP 技术

VoIP 技术

VoIP技术构架

(第二版)

Voice over IP Fundamentals

Second Edition

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

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

VoIP 技术构架/(美)戴维森(Davidson, J.)等著;高艳译. —2版. —北京:人民邮电出版社, 2008.4

ISBN 978-7-115-17590-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 016150 号

版 权 声 明

Voice over IP Fundamentals, Second Edition(ISBN: 1587052571)

Copyright © 2007 Cisco Systems, 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(第二版)

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

译 高 艳
责任编辑 付 飞

◆ 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 电子函件 ciscobooks@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 19.5
字数: 441 千字 2008 年 4 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2008 年 4 月北京第 1 次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2007-0993 号

ISBN 978-7-115-17590-8/TP

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67132705 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

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，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解决工程主管。与其他合著者一起编写了本书的第一版, 并担任《Deploying Cisco Voice over IP》一书的编辑。他在思科工作已经10年了, 先后服务于售前支持、市场和工程部等部门。

James Peters是思科公司的载体核心和多服务业务部门 (Carrier Core and Multiservice Business Unit) 的产品市场主管。他参与编写了本书的第一版, 目前正在编写一本关于多服务组网的书。James在基于互联网的语音和数据网络的设计和建设和产品开发方面有超过20年的经验。

Manoj Bhatia是思科公司IP通信业务部 (IPCBU, IP Communications Business Unit) 的业务发展经理, 负责合作伙伴项目。他是最早在思科VoIP网关和基于IOS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产品技术的推广工作。在加盟思科前, Manoj曾工作于Nortel Networks (北电网络公司) 和Summa Four (现已被思科收购), 在SS7、呼叫控制和VoIP等通信协议领域有超过14年的经验。

Satish Kalidindi是思科公司的软件工程师。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网关和思科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是思科公司的软件工程师。他拥有许多通信产品的开发部署经验, 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, 是思科Linksys小企业系统业务部门 (Cisco/Linksys Small Business Systems Business Unit) 的技术组长。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在思科已经工作了10年, 曾先后担任了设计、工程、市场和技术支持等多个职位。他也是本书第一版的作者之一。

Jesse J. Herrera 是位于得克萨斯休斯敦的一家大型企业的高级系统分析员。他拥有亚利桑那大学 (University of Arizona) 的计算机科学学士学位和南方卫理公会大学 (Southern Methodist University) 的通信管理硕士学位。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网络计划和对电子商务的支持。

Brion S. Washington 是一位网络咨询顾问, 拥有超过 10 年的组网经验, 近 4 年致力于 VoIP 方面的工作。

致谢

Jonathan Davidson:

衷心感谢John Kane，感谢他在我们整理本书时勤勉耐心的工作。我还要感谢 Manoj Bhatia、Satish Kalidindi和Sudipto Mukherjee，是他们使本书得以出版。

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工作在笔记本电脑前。你们俩是最好的。

Manoj Bhatia:

我要感谢Cisco Press小组、我的合著者和审阅者们，以及我的经理Chris Losack，是他们鼓励我编写此书。

我还要感谢我的妻子 Anu，以及我的孩子 Dhvani 和 Rhythm，在我长时间研究和录入时与我在一起。我希望他们越来越了解 VoIP 这个很有意思的单词，因为他们是现在和不久的将来的 VoIP 的真正使用者！

Satish Kalidindi:

我要感谢John Kane和Cisco Press的编辑小组，感谢他们始终如一的努力和鼓励。感谢审阅者和合著者的勤勉工作。

也感谢我的妻子 Valli，她与我一起忍受了那么多夜晚。

Sudipto Mukherjee:

我感谢我的合著者、审阅者和我的经理Kimberly Quinn，感谢他们的支持和鼓励。特别感谢思科出版小组等待本书的耐心和理解。

我感谢我父母的鼓励和支持。

感谢我的妻子 Chandrima，我的孩子 Shreyasi 和 Joydeep，感谢他们在我为此书工作时的爱和支持。

前言

本书的第一版完成于 1999 年，在该版中我们描述了一个发生在“新世界服务提供商 (new-world service providers)”与已有的“整体式提供商和集团 (monolithic providers and corporations)”之间的争斗。现在，我们都已知道这个�果——大多数的新世界公司和服务提供商都已经停业了，而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。

这些泡沫的爆裂也给 VoIP 带来了辐射效应。VoIP 也会成为另一个使用新方式运营的技术开端的牺牲品吗？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 同时预测了直到 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。

已有的 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。

本书的最初版本已销售了很多年。我最初的合著者 James Peters 和我编写这本书时，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。

本书的第一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。修订这本书的一个目的就是将过去 6 年里所有技术上的变化更新进来。例如，会话发起协议 (SIP, Session Initiation Protocol) 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。语音和数据组网本身是复杂的技术，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，有关语音和数据组网的主要概念，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;
- 提供语音是怎样在 IP 网络上传输的详实介绍;
- 覆盖数据语音网络的种种说明;
- 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。

谁应该阅读本书

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, 对那些语音和数据组网的专家也很有帮助。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组网和数据专家们开始理解语音组网所需的详细信息。

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组网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组网的同时了解两者是怎样合一的。

除了讨论语音和数据组网外, 本书真正是有关 VoIP 的, 有关 VoIP 的协议都将做详细介绍。于是这本书就成了设计、建设 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, 语音组网专家们可以跳过第 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 章覆盖了企业电话、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组网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组

网协议的读者来讲, 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。覆盖了基本的子网划分和开放系统互联 (OSI, Open Systems Interconnection) 参考模型, 并且比较了传输控制协议 (TCP, Transmission Control Protocol) 与用户数据报协议 (UDP, User Datagram Protocol)。

第 7 章和第 8 章将深入网络电话 (VoIP) 的细节, 并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、延时、分组丢失、编解码 (codecs)、QoS 工具、平均评定得分 (MOS, Mean Opinion Score) 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 章内容覆盖了使用思科网关部署一个 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 services) 等应用来激发企业的生产力的。

特色与约定

本书的设计和 content 特色都力图使 VoIP 的复杂性变得清晰而容易接受。

当关键术语第一次被定义和使用时, 使用斜体表示。并且, 关键术语被拼出并在后面的括号中给出其缩写 (如果有的话)。

注释框指出了那些需要特别注意的地方, 以及虽然与正在讨论的问题不是特别匹配, 但是很有趣, 值得考虑的地方。这些注释框有时以提示形式给出的额外信息, 有时以警告的方式给出来帮助您躲开一些陷阱。

每章总结使您有机会回顾和思考一下每章讨论的内容。您也可以通过这些小结来决定此章是否适合您全章阅读。

在大多数章的后面, 给出了可以进一步参考的资料, 包括许多 RFC 草案。虽然我们可能没有在每一章中引用所有这些参考资料, 但这些资料对于我们编写这本书提供了很大的帮助。

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构架上。在第一次编写本书的时候，VoIP 的合法性在许多发展中国家并不存在，即使有也没有太大的意义，现在这已经有了很大的改变，而且在大多数地方 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 总结	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 总结	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

2 目 录

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 总结	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 总结	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 总结	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	100
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 总结	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 总结	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 总结	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 总结	170
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