



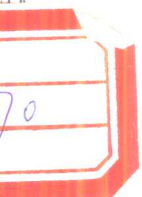
# Cisco

## 分组语音

## 与数据集成技术

Cisco Packetized Voice & Data Integration

(美) Robert Caputo 著  
章立生 孙义 等译



机械工业出版社  
China Machine Press



McGraw-Hill

Cisco 专业技术丛书

# Cisco 分组语音与 数据集成技术

(美) Robert Caputo 著

章立生 孙义 等译



机械工业出版社  
China Machine Press

TS562 / 4504

把语音和数据结合成一个公共的传输机制,是所有主流数据网络和电信设备供应商以及电信公司和增值服务供应商开发和推广的前沿技术,Cisco公司在该领域一直处于领先地位。本书即全面介绍了Cisco的VoIP技术。

本书首先介绍了语音电话技术和基于分组的QoS技术,并集中讨论了Cisco分组语音网络概念和配置方法。然后,把这些概念和技术结合在一起,为常见的实现提供综合的语音网络配置。最后提供了实例研究,进一步强化概念。本书还提供了Cisco IOS命令的快速参考。

本书是网络管理、开发人员以及有兴趣使用Cisco语音和数据集成产品的CCIE人员必备参考书。

Robert Caputo: Cisco Packetized Voice & Data Integration.

Original edition copyright © 2000 by McGraw-Hill. All rights reserved.

Chinese edition copyright © 2000 by China Machine Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由美国麦格劳-希尔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: 01-1999-3478**

## **图书在版编目(CIP)数据**

Cisco分组语音与数据集成技术/(美)卡普托(Caputo, R.)著;章立生,孙义等译.-北京:机械工业出版社,2000.2

(Cisco专业技术丛书)

书名原文: Cisco Packetized Voice & Data Integration

ISBN 7-111-07791-1

I. C… II. ①卡… ②章… ③孙 III. 计算机网络-语音-数据通信-技术 IV. TN919.85

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第57034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 谊

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年2月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·13.5印张

印数: 0 001-8 000册

定价: 29.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换

# 译者序

Internet技术最近几年得到了迅猛发展，已经应用到社会生活的各个方面。从电子邮件、网上商店到电子商务，Internet技术无处不在。同时，多媒体技术也在Internet上得到广泛应用。把语音和数据结合成一个公共的传输机制，是所有主流数据网络和电信设备供应商、电信公司和增值服务供应商开发和推广的前沿技术，Cisco系统公司在这些领域一直处于领先地位，推出了许多高性能的带语音功能的路由器，并提出了适合多种应用环境的许多解决方案。

本书专门介绍Cisco的VoIP技术，首先介绍语音电话技术和基于分组的QoS技术，并集中讨论Cisco分组语音网络概念和配置方法。然后，把这些概念和技术结合在一起，为常见的实现提供综合的语音网络配置。最后提供了一些范例研究，进一步强化所介绍的概念。本书还提供了Cisco IOS命令的快速参考。本书是广大计算机网络管理员和网络工程师十分有价值的参考书。

参加本书翻译的有：章立生、孙义、国雪飞、孙清、刘舸、杨永亨、赵强、赵斌等。

由于时间仓促，且译者经验和水平有限，译文难免有不妥之处，恳请读者批评指正！

1999年12月于北京

# 序

最近语音方面有什么新的进展？是的，发展是全方位的，从电话中心与万维网集成的先进应用，到新产品、电信公司和网络服务供应商的出现，所有这些都将改变我们的生活、工作、学习和娱乐的方式。这些下一代网络的核心（数据、语音和图像在这里合并）是Cisco公司最新的路由和交换技术，通过IP、ATM和帧中继发送多媒体数据流。

分组语音技术的出现以人们没有见过的方式对电信业发起了挑战，因为人类的声音第一次替换了电报线路上的电子点和线。技术挑战是巨大的，阻塞、延时、分组丢失、带宽不够和回声只是人们在获得传统电话网络中的质量和可靠性时面临的许多障碍中的几个。

计划是成功的关键，本书讨论了在计划分组语音网络时有关的问题，包括网络范围的服务质量(QoS)、电话设备集成、IP和拨号方案、PSTN集成、容量计划、可扩展性和容错。范例研究给出了这些概念的具体例子，作者多年的设计和诊断复杂的互联网络的经验帮助计划人员解决语音编码和压缩算法、语音活动检测、回声取消、延时、抖动和分组等方面的困难。

本书讨论了Cisco网络技术的发明，扩展到支持语音/数据集成，包括物理层电话连接、电话和IP网络信令，加上多个逻辑编址方案到物理端点的映射。本书描述了Cisco的特定产品和它们的功能，给出了语音网络范例，提供和分析了它们的实现细节，并给出了把分组语音集成到现有数据网络环境中的提示。

本书将为需要把分组语音网络从计划变成现实的网络管理员和工程师带来成功的喜悦。读者将认识到这些新技术的好处，而且不必自己亲手去做，REALTECH已经做了全部的工作，这里有大量成熟的解决方案。阅读这本书，拉开你的弓，你将射中市场驱动的分组语音解决方案的目标。

REALTECH公司总裁兼首席执行官  
Raymond M. La Chance

# 前 言

把语音和数据结合成一个公共的传输机制，是所有主流数据网络和电信设备供应商以及电信公司和增值服务供应商开发和推广的前沿技术。最近世界上主要的数据和电信公司合作合并浪潮，如Cisco/Stratacom, Nortel/Bay Networks, Lucent/Ascend, 各大电信公司的声明，如Sprint的ION, MCI WorldCom的OnNet和AT&T的INC, 以及新出现的电信公司，如Level 3 Communications和Quest, 都表明对这一趋势的支持。随着Cisco公司带语音功能的产品线的增长和成熟，该公司早期对这一领域的投资开始得到回报。本书的目的是帮助网络管理员和工程师理解这个技术，并把这个技术集成到他们基于Cisco的基础设施中。

有几个因素进一步推动了基于分组的语音实现，包括新的语音处理技术，计算机电话集成，运行成本的降低，网络带宽的增加，Internet和IP网络的普及以及市场的推广。

Cisco迅速预测到这个趋势，并因与Stratacom、Ardent和许多其他公司的兼并而很早就开始获得这方面的技术和专业知识。由于其技术不可知论的传统，Cisco在语音技术方面对ATM、帧中继和IP网络进行了投资。甚至在今天，Cisco还继续对每个技术进行投资，并努力实现这些技术和支持它们的平台之间的互操作。例子有MC 3810系列产品和使用FRF.11和FRF.12标准的2600/3600系列之间的有限互操作以及为MGX 8850和Cisco 7200系列路由器的X功能上的语音计划集成。

尤其值得一提的是，Cisco 2600、3600和AS5300系列路由器和访问服务器在IP语音(VoIP)市场取得了巨大成功，这些产品使Cisco在提供的端口数和总收入两个方面都处于市场的领导地位。带语音功能的路由器市场也是当今最大和最有利可图的市场。2600和3600系列路由器的模块化为客户提供了网络和语音接口以及网络扩展的灵活性，这符合许多客户的预算限制。

全功能的路由器能力和接口的多样性使Cisco 2600和3600路由器是远程局和分支局的理想路由器，这些路由器可以作为LAN路由器、WAN访问和语音主干设备。通过把语音功能与令人激动的带语音功能的网间操作系统(IOS)集成在一起，成为单一的基座，这些路由器在小的站点有效地复制了T1多路复用器提供的功能。这是使用基于分组的技术代替TDM的开始步骤。

Cisco AS5300在配置了语音/传真功能卡后，已经成为非常有竞争力的语音分组网关，它为PBX系统互联提供了数字语音接口，并使用数字PRI或通道化T1接口与PSTN集成。使用专用的数字信号处理器(DSP)的语音呼叫分布式处理，使一个AS5300能够在一个T1配置中支持最多96个并发呼叫，所以，对于支持数字PBX接口和要求与Cisco其他带语音功能产品集成的企业环境来说，AS5300是理想的产品。

长期以来，Cisco所提供的功能的基础总是在于嵌入在IOS中的智能。IOS的效率允许系统中快速的分组处理和数据传输，所以减少了延时，保证了很高的语音质量。Cisco的IOS中的服务质量(QoS)增强了优先语音传输，保证它得到足够的带宽和整个网络中的低网络延时和抖动。Cisco广泛的QoS功能提供了今天业界无与伦比的端到端QoS，不管基础的传输是什么。Cisco的语音产品调节了IOS的灵活性、适应性、安装基和其他许多功能，为达到优秀的语音

连接和集成而提供一个坚实的平台。

## 本书涉及的主题

本书一开始介绍在企业网络内实施IP语音的主要动机，强调该技术的某些关键优势，并列出一些被实施的应用。

然后，概述语音电话技术和基于分组的QoS技术，并集中讨论Cisco的语音网络概念和配置方法。最后，把这些概念和技术结合在一起，为常见的实现提供综合的语音网络配置。本书最后提供了一些范例研究，进一步强化所介绍的概念。

(1) 电话基础知识。介绍基本的电话概念，帮助读者更好地理解语音传输的特征和令人激动的语音网络产品的背景。首先讨论一个模拟电话的组成部件，以及每个部件所起的作用，然后介绍电话是如何连接或联网的，包括呼叫建立、信号指示、脉冲和音频拨号以及电话开关组件等主题。

在讨论模拟电话后，介绍数字电话的情况和相关的概念。数字电话这一节首先讨论语音信号（它们是模拟信号）如何进行数字编码，然后讨论数字语音的传输手段和它必不可少的信号技术。

介绍了这些基础知识后，开始讨论与语音分组网络传输有关的概念，主要有语音编码和压缩算法，语音活动检测，回声取消、延时、抖动和分组。这些概念构成理解分组语音网络实现和挑战的基础。

(2) 服务质量。今天数据网络中的主要问题之一是服务质量。QoS是分组语音网络的一个特别重要的主题，它要求网络的优先服务，且不能容忍大多数分组网络上的经过延时和变化的吞吐率。由于帧中继技术在企业网络中的广泛使用，所以本书用整整一章的篇幅专门讨论帧中继特定的QoS问题。其主题包括数据流分类、排队法、调度技术、信令技术、数据流整形和速率增强。在每个主题的讨论中，包括实现的基本例子和实现细节的说明。

(3) Cisco语音概念。Cisco独特的联网方法扩展到支持语音/数据集成。与其他网络应用一样，Cisco在逻辑上分离了语音联网概念，并使用一种有效的可扩展的方法把它们应用于配置结构中。本书简单介绍这些概念，这样可以更好地理解它们，从而更有效地在现实世界中应用它们。这些章节涉及物理层电话连接，电话和IP网络信号以及多个逻辑编址方案到物理端点的映射。

(4) 网络规划。任何网络实现的成功必不可少地需要规划，本书介绍在规划分组语音网络时考虑的主题和问题，这些问题包括网络范围的QoS，电话设备集成，IP编号方案和拨号编号方案，PSTN集成，容量规划，可扩展性和容错性。

(5) 网络实现。本书描述帮助把分组语音网络从规划阶段进入运行阶段的网络实现细节，给出语音网络实现的范例，提供并分析它们的实现细节。除了基本的配置和分析外，还提供了把分组语音集成到已存在的数据网络环境的技巧。

(6) 产品。文中介绍的特定Cisco产品是Cisco 2600、Cisco 3600和Cisco AS5300路由器和访问服务器。我们提供了这些产品的体系结构和配置的详细信息，帮助规划企业网络中一个平稳的实现和集成。之所以选择这些产品，是因为它们非常适合于大多数的企业环境。

## 本书的读者对象

寻求了解Cisco分组语音网络产品的网络管理员和网络工程师阅读本书，会发现很多有价值的内容，有关的概念以通用的格式表述，不要求很多的Cisco硬件和软件的知识。关于配置的有关章节，假定读者对Cisco的IOS和它的命令行界面有基本的了解。例如，对QoS和语音配置步骤进行了详尽的描述，但没有给出基本的IP编址和系统配置的内容。

## 详细程度

本书非常详细地描述有关的概念和技术，足以充分了解它们是如何工作以及如何与其他有关的过程打交道。详细的程度与制造商白皮书类似。提供的信息是为了通过理解它的基本操作以及它在语音和数据网络中所起的作用，来引起对该技术的兴趣。详细的算法分析、状态模型和工程图等内容不在本书的范围之内。

总之，Cisco在把语音技术集成到企业数据网络方面取得了重大的进展，本书正是作为理解语音网络的概念，和利用Cisco带语音功能的路由器产品实现集成化的语音数据网络的指南。

# 目 录

译者序

序

前言

第1章 分组语音概述 .....1

1.1 引言 .....1

1.2 企业推动力 .....1

1.3 语音在IP网络上的基本传输 .....2

1.3.1 语音-数据转换 .....2

1.3.2 原数据到IP的转换 .....2

1.3.3 传送 .....2

1.3.4 IP-数据的转换 .....3

1.3.5 从数据转换回到语音 .....3

1.4 VoIP基础 .....3

1.4.1 语音压缩 .....3

1.4.2 电话号码映射 .....4

1.4.3 呼叫分段鉴别 .....4

1.4.4 会话协议 .....4

1.5 推动VoIP的技术 .....4

1.5.1 硬件进展 .....4

1.5.2 软件 .....6

1.5.3 协议 .....8

1.6 管理问题 .....10

1.6.1 可用性和正常运行时间 .....11

1.6.2 配置 .....11

1.6.3 拨号计划 .....11

1.6.4 呼叫细节记录 .....11

1.6.5 监视和诊断 .....12

1.6.6 性能管理 .....12

1.7 Cisco带语音功能的路由器 .....12

1.7.1 Cisco 2600 .....12

1.7.2 Cisco 3600 .....13

1.7.3 Cisco AS5300 .....13

1.7.4 Cisco 2600/3600语音/传真网络

模块 .....13

1.7.5 Cisco AS5300语音/传真卡 .....13

1.8 小结 .....13

第2章 数据工程师的语音概念 .....14

2.1 引言 .....14

2.2 模拟电话技术 .....14

2.2.1 基本的电话技术 .....14

2.2.2 基本的电缆和接头 .....14

2.2.3 语音信号 .....15

2.2.4 信令 .....15

2.2.5 基本呼叫处理顺序 .....18

2.2.6 其他模拟设备 .....19

2.2.7 接口类型和信令方法 .....20

2.3 数字语音 .....22

2.3.1 语音的传送 .....22

2.3.2 数字语音信号 .....25

2.4 语音压缩 .....26

2.4.1 压缩算法 .....26

2.4.2 语音编码技术的比较 .....27

2.5 影响语音质量的因素 .....28

2.5.1 压缩 .....28

2.5.2 语音活动检测 .....28

2.5.3 回声 .....28

2.5.4 延时 .....30

2.5.5 抖动 .....31

2.5.6 丢失分组 .....31

2.5.7 汇接交换 .....31

第3章 IP数据流的服务质量 .....33

3.1 引言 .....33

3.2 (压缩的)实时传输协议 .....33

3.2.1 CRTP的配置 .....34

3.2.2 帧中继的考虑因素 .....35

3.3 排队法 .....37

3.3.1 FIFO排队法 .....37

3.3.2 优先级排队法 .....37

|                              |    |                         |     |
|------------------------------|----|-------------------------|-----|
| 3.3.3 自定义排队法 .....           | 38 | 5.2 模拟语音端口 .....        | 84  |
| 3.3.4 加权公平排队法 .....          | 39 | 5.2.1 FXS .....         | 84  |
| 3.4 PPP增强 .....              | 41 | 5.2.2 FXO .....         | 84  |
| 3.5 数据流整形 .....              | 43 | 5.2.3 E&M .....         | 84  |
| 3.6 资源保留协议 .....             | 45 | 5.3 模拟语音端口的配置 .....     | 85  |
| 3.6.1 信令 .....               | 46 | 5.3.1 FXS接口和FXO接口 ..... | 86  |
| 3.6.2 QoS类型和排队法 .....        | 46 | 5.3.2 E&M接口 .....       | 89  |
| 3.6.3 实现指南 .....             | 46 | 5.3.3 其他语音端口参数 .....    | 91  |
| 3.7 IP优先 .....               | 51 | 5.3.4 E&M特定的信令命令 .....  | 92  |
| 3.8 基于策略的路由 .....            | 51 | 5.4 数字接口 .....          | 93  |
| 3.8.1 基于策略的路由的配置 .....       | 52 | 5.4.1 Cisco数字接口支持 ..... | 93  |
| 3.8.2 为什么设置IP优先级位 .....      | 56 | 5.4.2 PRI接口的配置 .....    | 93  |
| 3.9 加权随机早期检测 .....           | 56 | 5.4.3 T1 CAS的配置 .....   | 94  |
| 3.9.1 TCP的操作 .....           | 56 | 5.5 拨号对等体 .....         | 95  |
| 3.9.2 阻塞崩溃 .....             | 57 | 5.5.1 呼叫段 .....         | 96  |
| 3.9.3 同步 .....               | 58 | 5.5.2 拨号对等体 .....       | 96  |
| 3.9.4 RED .....              | 58 | 5.5.3 POTS拨号对等体 .....   | 97  |
| 3.9.5 WRED详细信息 .....         | 59 | 5.5.4 VoIP拨号对等体 .....   | 98  |
| 3.9.6 WRED的配置 .....          | 60 | 5.5.5 完成拨号对等体语句 .....   | 99  |
| 3.10 小结 .....                | 62 | 5.5.6 拨号对等体小结 .....     | 100 |
| 第4章 帧中继的服务质量 .....           | 63 | 5.6 拨号对等体详细信息 .....     | 100 |
| 4.1 引言 .....                 | 63 | 5.7 小结 .....            | 106 |
| 4.2 帧中继服务质量 .....            | 63 | 第6章 开发拨号计划 .....        | 107 |
| 4.2.1 服务类别 .....             | 63 | 6.1 引言 .....            | 107 |
| 4.2.2 阻塞管理 .....             | 64 | 6.2 与编址有关的问题 .....      | 107 |
| 4.3 基于路由器的帧中继QoS配置 .....     | 65 | 6.2.1 拨号计划组织 .....      | 107 |
| 4.3.1 可丢弃标记 .....            | 66 | 6.2.2 扩展问题 .....        | 108 |
| 4.3.2 一般数据流整形 .....          | 67 | 6.2.3 内部路由/外部路由 .....   | 111 |
| 4.3.3 帧中继数据流整形 .....         | 71 | 6.3 拨号计划积木块 .....       | 112 |
| 4.3.4 一般数据流整形与帧中继数据流整形 ..... | 79 | 6.3.1 语音端口 .....        | 112 |
| 4.4 优先级排队法和自定义排队法 .....      | 80 | 6.3.2 拨号对等体 .....       | 112 |
| 4.5 帧中继的挑战 .....             | 81 | 6.4 创建基本的计划 .....       | 115 |
| 4.6 将来的选择 .....              | 83 | 6.4.1 语音网络图 .....       | 115 |
| 4.7 小结 .....                 | 83 | 6.4.2 创建配置表 .....       | 116 |
| 第5章 语音端口和拨号对等体 .....         | 84 | 6.4.3 拨号计划图实例 .....     | 116 |
| 5.1 引言 .....                 | 84 | 6.5 与外部世界的结合 .....      | 121 |
| 5.1.1 语音端口 .....             | 84 | 6.5.1 北美编号计划 .....      | 121 |
| 5.1.2 物理接口和信令 .....          | 84 | 6.5.2 保留的地址 .....       | 121 |
|                              |    | 6.5.3 接入 .....          | 122 |

|                         |     |                             |     |
|-------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 6.5.4 公司网络 .....        | 125 | 8.2.2 基本配置 .....            | 158 |
| 6.6 编址工具 .....          | 125 | 8.2.3 配置概述 .....            | 160 |
| 6.6.1 号码扩展 .....        | 125 | 8.3 增强的简单VoIP网络 .....       | 162 |
| 6.6.2 寻线组 .....         | 127 | 8.3.1 设计变化 .....            | 162 |
| 6.6.3 通配符 .....         | 129 | 8.3.2 配置变化 .....            | 163 |
| 6.7 小结 .....            | 129 | 8.3.3 完整的配置 .....           | 166 |
| 第7章 集成 .....            | 130 | 8.4 PBX干线 .....             | 170 |
| 7.1 引言 .....            | 130 | 8.4.1 设计变化 .....            | 170 |
| 7.2 需求分析 .....          | 130 | 8.4.2 配置变化 .....            | 170 |
| 7.2.1 信息收集 .....        | 130 | 8.5 多点帧中继配置 .....           | 173 |
| 7.2.2 语音数据流分析 .....     | 132 | 8.5.1 网络概述 .....            | 173 |
| 7.3 QoS确定 .....         | 134 | 8.5.2 路由器配置 .....           | 175 |
| 7.3.1 语音呼叫路径 .....      | 135 | 8.5.3 关于多点帧中继配置的说明 .....    | 184 |
| 7.3.2 语音编码算法 .....      | 135 | 8.6 其他电话支持和管理服务器 .....      | 185 |
| 7.3.3 路由器型号 .....       | 136 | 8.6.1 设计变化 .....            | 186 |
| 7.3.4 处理器利用率 .....      | 138 | 8.6.2 配置变化 .....            | 186 |
| 7.3.5 分组交换模式 .....      | 138 | 第9章 VoIP实例研究 .....          | 190 |
| 7.3.6 第2层WAN传送 .....    | 139 | 9.1 引言 .....                | 190 |
| 7.3.7 其他协议 .....        | 141 | 9.2 连接要求 .....              | 190 |
| 7.3.8 现有的QoS和排队模型 ..... | 143 | 9.3 网络设计 .....              | 191 |
| 7.3.9 路由器软件版本 .....     | 143 | 9.3.1 材料清单 .....            | 191 |
| 7.4 拨号计划创建 .....        | 145 | 9.3.2 网络配置/调整参数/性能 .....    | 193 |
| 7.5 产生配置 .....          | 145 | 附录A 参考网站地址 .....            | 200 |
| 7.5.1 基本配置 .....        | 145 | A.1 服务质量 .....              | 200 |
| 7.5.2 语音连接 .....        | 151 | A.2 IP服务 .....              | 202 |
| 7.6 网络集成 .....          | 154 | A.3 帧中继 .....               | 202 |
| 7.6.1 安全性过滤 .....       | 154 | A.4 Cisco语音技术参考 .....       | 203 |
| 7.6.2 重新路由 .....        | 155 | A.5 语音压缩算法 .....            | 203 |
| 7.6.3 网络地址转换 .....      | 155 | A.6 VoIP .....              | 204 |
| 7.7 小结 .....            | 156 | A.7 H.323 .....             | 204 |
| 第8章 配置范例 .....          | 157 | A.8 AS5300特定信息 .....        | 204 |
| 8.1 引言 .....            | 157 | A.9 Cisco 2600/3600系列 ..... | 205 |
| 8.2 简单的VoIP网络 .....     | 157 | A.10 一般信息 .....             | 205 |
| 8.2.1 网络概述 .....        | 157 |                             |     |

# 第1章 分组语音概述

本章主要内容:

- 企业推动力。
- 语音在IP网络上的基本传输。
- VoIP基础。
- 推动VoIP的技术。
- 管理问题。
- Cisco带语音功能的路由器。

## 1.1 引言

语音数据集成与语音/分组技术进展结合的经济优势迎来了一个新的网络环境, 这个新环境提供了低成本、高灵活性、高生产率及效率的增强应用等特点。近来在硬件、软件和网络协议设计方面的提高和发展, 进一步推动了这个新的集成化基础设施的发展。这些技术产生了新的一套网络产品, 同时也产生了新的管理和运行问题。本章将讨论这些问题, 并说明它们对VoIP网络环境的影响。

## 1.2 企业推动力

VoIP使企业、服务供应商和电信网络看到了许多美好的前景, 把语音和数据集成在一个分组交换网络中的动机是由以下因素推动的:

- 通过统计上的多路复用而提高效率。
- 通过语音压缩和语音活动检测(安静抑制)等增强功能而提高效率。
- 通过在私有数据网络上传送电话呼叫而节省长途费用。
- 通过联合基础设施组件降低管理成本。
- 利用计算机电话集成的新应用的可能性。
- 数据应用上的语音连接。
- 有效使用新的宽带WAN技术。

分组网络提高的效率和在统计学上随数据分组多路复用语音数据流的能力, 允许公司最大限度地得到在数据网络基础设施上投资的回报。而把语音数据流放到数据网络上也减少了语音专用线路的数目, 这些专用线路的价格往往很高。

LAN、MAN和WAN环境中千兆以太网、密集波分多路复用和Packet over 同步光纤网络等新技术的实现, 以更低的价位为数据网络提高更多的带宽。同样, 与标准的TDM连接相比, 这些技术提供了更好的性能/价格比。

“单击讲话”和桌面电视会议等新的应用和服务提高了生产率, 并为服务分化提供了新的机会。IP上的实时传真和Internet传真应用也为地理位置分散的机构降低了长途电话费用。

### 1.3 语音在IP网络上的基本传输

为了在一个IP网络上传送语音信号，要求几个元素和功能。最简单形式的网络由两个或多个具有VoIP功能的设备组成，这些设备通过一个IP网络连接。让我们看图1-1所示的简单网络，可以发现VoIP设备是如何把语音信号转换成IP数据流，并把这些数据流转发到IP目的地，IP目的地又把它们转换回到语音信号。两者之间的网络必须支持IP传输，且可以是IP路由器和网络链路的任意组合。

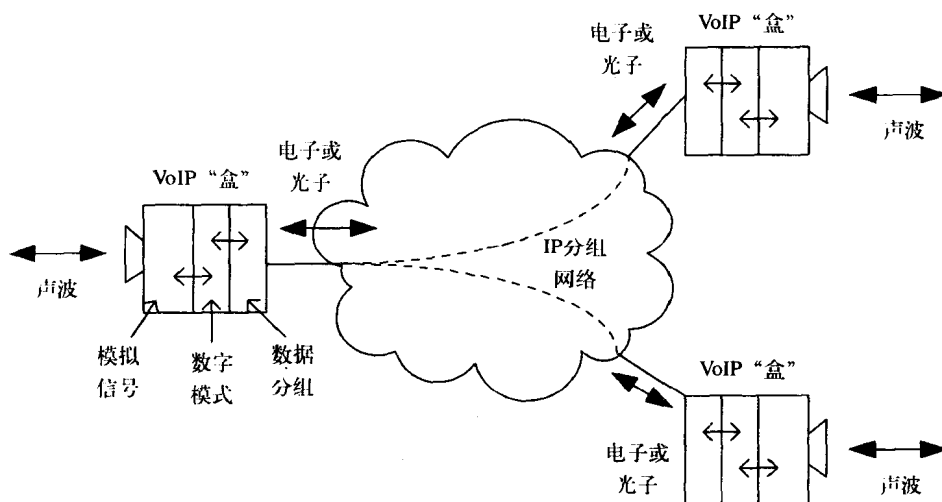


图1-1 简单的VoIP网络

#### 1.3.1 语音-数据转换

语音信号肯定是模拟波形，为了在数字数据网络上传送这些模拟波形，首先必须把它们转换成某种类型的数字格式，这可以使用各种语音编码方案来实现。源和目的地的语音编码器和语音解码器必须实现相同的方案，这样目的地设备可以成功地再生由源设备以数字格式编码的模拟信号。

#### 1.3.2 原数据到IP的转换

一旦语音信号进行了数字编码，它就变成另一种形式的数据由网络传送。语音网络简单地建立通信端点之间的物理连接（一条线路），并在端点之间传输编码的信号。IP网络不像电路交换网络，它不形成连接，它要求把数据放在可变长的数据报或分组中，然后给每个数据报附带寻址和控制信息，并通过网络发送，一站一站地转发到目的地。为了支持这种网络上的数字语音数据的传送，VoIP设备必须接收语音数据，把它们分组成IP数据报（分组），附带寻址信息，并把它们发送到网络中。

#### 1.3.3 传送

网络中的中间节点检查每个IP数据报附带的寻址信息，并使用这个信息把该数据报转发到目的地路径上的下一站。网络链路可以是支持IP数据流的任何拓扑结构或访问方法。

### 1.3.4 IP-数据的转换

目的地VoIP设备接收这个IP数据报并开始处理。在数据报的处理过程中，去掉寻址和控制信息，保留原始的原数据，然后把这个原数据提供给设备解码过程。

### 1.3.5 从数据转换回到语音

语音解码过程解释源站点产生的原数据，并通过解码功能处理。解码功能的输出就是一个与源站点馈入线收到的原始语音信号近似的模拟信号。

简而言之，语音信号在IP网络上的传送要求语音信号从模拟信号到数字信号的转换，数字语音数据的分组，分组信息通过网络的传送，语音数据的解包和数字语音数据到模拟信号的转换。这个过程如图1-2所示。

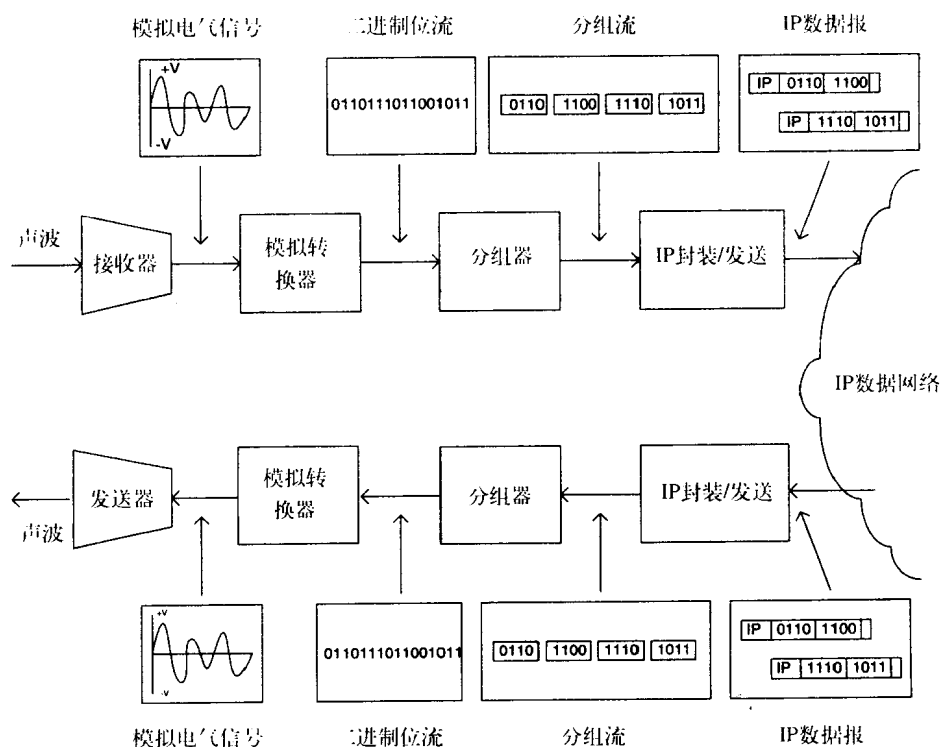


图1-2 简化的VoIP传送过程

## 1.4 VoIP基础

前面的例子只涉及在简单数据网络上传送语音信号所要求的基本功能，但缺少构造一个简单VoIP网络要求的几个功能，最基本的功能是语音压缩，电话号码映射，呼叫分段鉴别（对等建立）和语音数据传送的协议。

### 1.4.1 语音压缩

为了减少把模拟数据转换成数字信号和在分组交换网络上传送数字信号所引起的开销，可

以使用压缩算法减少在分组交换网络上传送的语音数据量。语音压缩操作于初始的模数转换产生的数字信号，并减少语音信号使用的带宽达8:1或更多。这个数据量的减少帮助补偿对各个分组应用的寻址信息（IP，UDP和RTP报头），并允许更多的语音呼叫通过带宽有限的链路。

#### 1.4.2 电话号码映射

上面的简单VoIP例子假定每个VoIP设备只发送和接收来自一个节点的呼叫。在更现实的环境中，要求VoIP设备与多个设备形成动态的连接。在语音界，使用一个拨号串或电话号码选择目的地，而在IP中，使用IP地址选择目的地。为了允许一个VoIP路由器与一组其他的VoIP路由器通信，要求用一种方法将电话用户拨的电话号码映射到路由器使用的IP地址。这个映射可以在每个路由器中静态执行，或者使用域名系统（Domain Naming System, DNS）动态执行。连接及其相关的电话号码的计划称为拨号计划(dial plan)。

#### 1.4.3 呼叫分段鉴别

为了合适地鉴别、处理和转发语音呼叫，路由器把这些呼叫划分成段，称为呼叫分段。一旦被鉴别，路由器可以对每个呼叫分段应用特定的服务，包括终止会话。

#### 1.4.4 会话协议

实时协议（Real Time Protocol, RTP）是在IP网络上传送语音和视频传输的标准化方法，它通过提供定时、定序和其他控制功能，使无连接IP数据流适应于支持实时传输。RTP由一个Internet Engineering Task Force(IETF)标准定义，保证多制造商环境中的互操作性。

### 1.5 推动VoIP的技术

由于硬件、软件、协议和标准中的许多进展和发明，VoIP的广泛使用很快就会变成现实。这些领域中的发展推动了创建一个更有效、功能和互操作性更强的VoIP网络。表1-1简单列出了这些领域中的主要发展。

表1-1 推动VoIP的主要技术进展

| 协议和标准                  | 软 件               | 硬 件               |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| H.323                  | 加权公平排队法           | DSP               |
| MPLS, 标记交换             | 加权随机早期检测          | 高级ASIC            |
| RTP, RTCP              | 双漏斗通用信元速率算法       | DWDM              |
| RSVP                   | 额定访问速率            | SONET             |
| Diffserv, CAR          | Cisco快速转发         | CPU处理功率           |
| G.729, G.729a:CS-ACELP | 扩展访问表             | ADSL, RADSL, SDSL |
| FRF.11/FRF.12          | 令牌桶算法             |                   |
| Multilink PPP          | 帧中继数据流整形          |                   |
| SIP                    | 基于优先级的CoS         |                   |
| Packet over SONET      | IP和ATM QoS/CoS的集成 |                   |

#### 1.5.1 硬件进展

在表1-1中提到的领域中的硬件进展既增强了计算功能，又增加了带宽，从而帮助使VoIP

成为现实。

### 1. 数字信号处理器

先进的数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)执行语音和数据集成所要求的计算密集的任务。顾名思义, DSP处理数字信号, 然后执行复杂的计算, 否则这些计算可能必须由通用CPU执行。它们专门化的处理能力与低成本的结合使DSP很好地适合于执行VoIP系统中的信号处理功能。单个语音流上G.729语音压缩的计算开销非常大, 要求达到20 MIPS, 如果单处理器系统有效处理多个语音流, 并且仍然执行路由和系统管理功能, 这是不现实的。使用多个DSP从中央CPU卸载这个功能, 并允许系统基于DSP可用性处理其他的呼叫。DSP也适合于语音活动检测和回声取消这样的功能, 因为它们实时处理语音数据流, 并能快速访问板上内存。

### 2. 高级专用集成电路

专用集成电路(Application-Specific Integrated Circuit, ASIC)发展产生了更快、更复杂因而功能更强的ASIC。顾名思义, ASIC是执行单一应用或很小的一组功能类似的应用的芯片。由于集中于很窄的应用目标, 故它们可以对特定的功能进行高度的优化, 通常比通用CPU快一个或几个数量级。就像精简指令集计算机(RISC)芯片集中于快速执行有限数目的操作一样, ASIC被预先编程更快地执行更加有限的数目的功能。一旦开发完成, ASIC批量生产的成本并不高, 被用于包括路由器和交换机这样的网络设备, 执行路由查表、分组转发、分组分类和检查以及排队功能(WFQ, WRR, FIFO等)这样的处理。ASIC的使用使设备的性能更高, 而成本更低。它们为网络提供增加的带宽和更好的QoS支持, 所以对正在出现的VoIP市场有利。ASIC的例子是12000 GSR中的硅片排队引擎或Catalyst 5500中的交换组件(SAINT, EARL2等)。

### 3. 密集波分多路复用

密集波分多路复用(Dense Wave Division Multiplexing, DWDM)为老的光纤网络注入新的生命, 并在电信公司铺设的新的光纤主干网中提供惊人的带宽。DWDM技术利用光纤的能力和先进的光传输设备。波分多路复用的名称是从在单股光纤上传送多个波长的光(LASER)而得来的。目前的系统能够发送和识别16个波长, 而将来的系统将能够支持40~96个波长。这具有重要意义, 因为每增加一个波长, 就增加了一个信息流。结果是OC-48(2.4Gbps)网络可以被升级到支持16倍, 而不必铺设新的光纤。大多数新的光纤网络以OC-192(9.6Gbps)的速度运行, 在与DWDM结合时, 在一对光纤上产生150Gbps以上的容量。DWDM提供的巨大带宽为ISP和电信公司提供了功能更强的主干网, 并使带宽成本更低和访问性更强, 这对VoIP解决方案的带宽要求提供了支持, 实际上减少了网络上的QoS要求, 因为带宽更多了。增加的传输速率不仅可以提供更粗的管道, 使阻塞的机会更少, 而且使延时降低了许多。

### 4. 同步光纤网络

同步光纤网络(Synchronous Optical Network, SONET)成为电信公司光纤网络的主干网已有一段时间了。由于SONET经得住考验的记录和非常高的可靠性, 它继续在远距离通信市场和区域市场中得到应用。Cisco公司和其他制造商的产品, 通过与SONET和互联网设备更多的集成, 来获取SONET的灵活性和可靠性。SONET技术中的进展产生了更高的传输率, 并降低了带宽的成本。SONET在区域市场的广泛应用也为VoIP网络的运行提供一个性能/价格比更优的平台。

### 5. 数字用户线路

各种形式的数字用户线路(Digital Subscriber Line, DSL)技术帮助解决现在困扰MAN和WAN的地区环路带宽问题。对称DSL提供在常见POTS双绞线上最大以T1速度发送和接收的能

力, 非对称DSL (ADSL) 和速率适应DSL (RADSL) 提供非对称的传输速率, 用户侧的下载速率可以达到8Mbps, 用户侧的上载速率可以达到1Mbps。这些DSL和其他DSL变种帮助企业为各个用户提供必要的带宽, 并极大地降低成本。使用较低成本的DSL地区环路, 现在公司能以更高的速度访问Internet和基于Internet服务供应商的VPN, 允许更高的VoIP呼叫容量。

#### 6. 中央处理单元技术

中央处理单元 (CPU) 在功能、功率和速度方面继续发展。这使多媒体PC能够广泛应用, 并提高了受CPU功率限制的系统功能的性能。PC处理流式音频和视频数据的能力在用户中期待已久, 所以在数据网络上传送语音呼叫理所当然成为下一步的目标。这个计算功能使先进的多媒体桌面应用和网络组件中的先进功能都支持语音应用。

### 1.5.2 软件

#### 1. 压缩实时协议

压缩实时协议 (Compressed Real-Time Protocol, CRTP) 是这样的一种机制, 它对用于分组数字化的语音分段的RTP报头进行操作。CRTP主要取自Van Jacobson的TCP报头压缩算法, 并试图把标准IP/UDP/RTP报头从40字节减少到2~5字节。这是很重要的, 它既减少了带宽使用, 又减少了语音分组在低速网络链路上传输要求的时间。CRTP所获得的效率帮助抵消分组的语音数据流所引起的开销。表1-2至表1-5给出分组开销和使用CRTP获得的效率增益, 以及由分组的语音数据流引起的一些效率损失。假定使用6字节的数据链路报头, 因为这个大小与帧中继、PPP和HDLC报头大小一致。由于相对于IP/UDP/RTP报头大小而较小的净荷, 低位速率编码器, 如MP-MLQ和CS-ACELP从CRTP得到最大的好处。当考虑多个语音呼叫在低速链路上传输时, 它们的收获是巨大的。如果不使用CRTP, 在56~kbps上只能支持两个MP-MLQ或CS-ACELP; 而使用CRTP时, 在相同的链路上可以支持4个呼叫。而且, 对每个呼叫会引起更低的端到端的延时, 因为每个分组的串行延时低100%~135%。

表1-2 分组语音的带宽要求

| 语音压缩算法         | 算法带宽要求(kbps) <sup>①</sup> | CRTP之前的分组语音<br>带宽要求(kbps) | CRTP之后的分组语<br>音带宽要求(kbps) |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| G.711 PCM      | 64                        | 80                        | 68                        |
| G.726 ADPCM    | 32                        | 48                        | 35                        |
| G.729 CS-ACELP | 8                         | 24                        | 11                        |

① 每个通道。

表1-3 不使用CRTP时的分组开销和带宽使用

| 语音压缩算法         | 净荷大小(byte) <sup>①</sup> | 没有CRTP时的分<br>组大小(byte) <sup>②</sup> | 分组开销(%) | 总带宽要求(kbps) |
|----------------|-------------------------|-------------------------------------|---------|-------------|
| G.723.1 MP-MLQ | 30                      | 76                                  | 153     | 20.3        |
| G.729 CS-ACELP | 20                      | 66                                  | 230     | 26.4        |
| G.726 ADPCM    | 80                      | 126                                 | 57.5    | 50.4        |
| G.711 PCM      | 160                     | 206                                 | 28.8    | 82.4        |

① 每个分组。

② 包括G字节数据链路报头。