

ADDISON-WESLEY

网络与通信

译林

精选系列

IP电话

——基于分组的 多媒体 通信系统

Olivier Hersent
[美] David Gurle 著
Jean-Pierre Petit
邝 坚 戴志涛 译

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

网络与通信译林精选系列

IP 电话 —— 基于分组的多媒体通信系统

[美] Olivier Hersent

David Gurle

Jean-Pierre Petit 著

邝 坚 戴志涛 译

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

IP 电话——基于分组的多媒体通信系统/(美)赫森特

(Hersent,O)等著; 邝坚, 戴志涛译, —北京: 人民邮电出版社, 2000.10

(网络与通信译林精选系列)

ISBN 7-115-08701-6

I. I… II. ①赫… ②邝… ③戴… III. IP 电话 IV. TN916.58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 41079 号

网络与通信译林精选系列

IP 电话 —— 基于分组的多媒体通信系统

◆ 著 [美] Olivier Hersent David Gurle
Jean - Pierre Petit

译 邝坚 戴志涛

责任编辑 陈

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 电子邮箱 315@ pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京鸿佳印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787 × 1092 1/16

印张: 22

字数: 539 千字

2000 年 11 月第 1 版

印数: 1 - 5 000 册

2000 年 11 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字: 01 - 2000 - 0022 号

ISBN 7-115-08701-6/TN·1625

定价: 39.00 元

内容提要

本书全面系统地向读者介绍了 IP 电话的原理及其相关知识。全书共分三部分,第一部分介绍了 IP 电话的应用层,内容包括 H.323 和 IP 电话的基本背景、会话启动协议(SIP)和媒体网关到媒体控制器协议(MGCP);第二部分介绍了语音技术,内容包括语音质量和语音编码;第三部分介绍了网络,内容包括服务质量、网络规划和 IP 多点传输路由选择等知识。全书最后介绍了与 IP 电话相关的词汇表。

全书内容深入翔实、结构清晰,适合广大对通信知识感兴趣的读者,尤其适合作为各类大中专院校通信专业的教材。

版权声明

Olivier Hersent, David Gurle & Jean-Pierre Petit: IP Telephony

Copyright ©1999 by Addison Wesley Longman, Inc.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise without the prior written permission of the publisher.

Published by arrangement with Addison Wesley Longman, Inc.
All Rights Reserved.

版权所有。未经出版者书面许可，对本书任何部分不得以任何方式或任何手段复制和传播，包括电子方式、机械方式、影印、录像或任何信息存储检索系统。

人民邮电出版社经 Addison Wesley Longman 公司授权出版。版权所有，侵权必究。

序 言

VoIP 是当前电信业务中发展最迅速的部分，甚至比几年前的移动电话还要快。制造商、运营商和 IT 管理人员都需要更快地适应这一情况，但是学习过程要转很大的弯子，所以需要有一个培训对策。

VON 专业会议可以提供一个相关市场和产业的最新趋向，但仍然需要教学的参考资料：在强大的宣传攻势下，只有通过技术的理解才能从大量信息中遴选出最可靠的事实。

把有关 VoIP 技术的所有背景和资料收集到一本书中的确是一个挑战，因为所需要解释的是各种不同领域的最新最现代化的技术：语音编码、IP 服务质量、多播……

Olivier、David 和 Jean-Pierre 决定面对这个挑战，并且很成功。

这本书囊括了所有专业 VoIP 所涉及的领域，并且以清晰的组织形式给出。协议部分详细描述了所有当今的 VoIP 标准，并且从不了解协议这一类读者的角度从正反两个方面对协议进行了比较，相信对读者会有很大的帮助。语音部分将给你一个明确的概况，包括语音压缩技术和语音质量评估。IP 网络部分将帮助所有 IT 经理跨过终点线，提供了承载级多媒体网络所需要的所有工具和信息。

这本书读起来并不十分容易，但是它的确是高技术。有一个优点是本书的作者都积极参与了有关标准的开发，因此他们总能从最基础的内容进行详细的讲解，你将会发现，为了便于理解标准的 VoIP 安全概念，本书特意提供了有关密码学的入门知识。

本书中没有涵盖的领域是产品和管理环境。而这正是 VON 会议和研究组将要填补的空白！

笔者很高兴地将这本书推荐给确实想了解他们正在讨论的网络的 VoIP 工程师、分析员和 IT 经理们。

Jeff

Jeff Pulver 是 VON (Voice On the Net) 联盟的奠基人，也是 pulver.com 的发起人和主席。

这本书的内容是关于 Internet 上最新的服务领域：交互式音频和视频。它们最早出现在市场上的时间是 1995 年，因此你会很惊讶地注意到 IP 电话技术的发展是如此之快。但是，如果在我们的日常生活中没有体会到 Internet 公认的重要性，单凭这一种进步还不能认为是 VoIP 的成功。

一、追叙

在 1991 年，Internet 还处于一种没有规划的迷宫状态，只有一些上瘾的人才真正能感受它的真谛。作为学生，他们经常打印和交换各自的书签——某个人一旦找到了一个好的 ftp 匿名访问地址，他立刻会拷贝和散发给其他人。Internet 上任何一本好书上都会有上百页这样的书签。Internet 的确是个好工具，特别是电子邮件和聊天室，但是呆坐在黑白计算机屏幕前几个小时的确很难说是一种享受。

在 1993 年，随着 World Wide Web 的出现，才真正到来了第一次革命。Internet 开始变得丰富多彩，而且厚厚的书签一下变成了废纸，代替以网页之间的链接。但是没过多久，过多的链接已经使人无法跟上形势。因而两个美国学生想出了一个主意，替别人保存和更新这些链接，于是 Yahoo! 出现了，这的确是件好事。这样，通过各种书签站点和搜索引擎，Internet 对于非 UNIX 的个人也很少有限制了。而且文科的学生也可以很好地利用自己的账号。

到 1996 年，每个学生都有了自己的电子信箱地址，而且大多数人都在使用。但是对于大多数人来说，Internet 还仍然是一种玩具。要触及整个市场的确太复杂，而且在大学校园和研究室外并没有真正的意义。一句话：“当你的祖母能用上它的时候，Internet 才真正有价值。”

我们来回顾一下建立第一个 Internet 电话网关的尝试。第一种原型是一个奇怪的混合物，其电话接口是一个带有扩音器功能的调制解调器。这种扩音器调制解调器的问题是它无法在播放声音的同时接收 PC 发过来的声音信号。实际上你只能使用调制解调器直接拨叫一个远端的号码。有些声卡的驱动程序支持同时播放

语音和记录语音（“全双工”），但是没有电话接口，所以你只能把声卡的线路输入(Line-in)插孔连接到调制解调器的麦克风上，然后再把调制解调器的扬声器连接到声卡的线路输出(Line-out)上。当然，要将其变为 Internet 电话网关尚需一些软件，但是在 1996 年已经有了一些不错的 Internet 电话免费软件，比如 VAT，而且向调制解调器接口增加一些代码也不是很困难：当一个呼叫到达时，摘机并播放一段欢迎词，用 DTMF 得到目的地号码（调制解调器有这种功能），将信息中继到目的网关，由网关通过调制解调器拨出正确的号码，这样就产生了一种 Internet 电话软件。

这只是一种很原始的一线（one-line）网关，但是它的潜力很大。电话网络是一种真正有价值的技术。全世界的电话线总数超过了 8 亿，而且 5 岁的小孩就会打电话。很明显，如果能承载电话呼叫总量的一小部分，对于 Internet 来说就是一个很大的成功。许多研究实验室忽然醒悟过来这实际上是 Internet 的第二次革命，所以都在研究是否能制造一种更高级的网关。

这件事发生在仅仅 3 年以前，但是到了今天，已经有越来越多的公司运行了他们的设备，不再使用 PBX 的“黑电话”了。明天，我们的祖母可能仍然在使用普通的模拟电话，但是这种电话极有可能已经连到了软交换机(Softswitch, IP 电话局)上。我们不会怀疑 Internet 的整个潜力都能得到发挥。在第一次 WWW 革命中，Internet 得到了一张漂亮的脸；而在 IP 电话革命中，使 Internet 有了语音。

二、技术

从表面上看，IP 电话背后的技术似乎没有什么。而实际上不是这样的，它比单路的媒体流（网络上的电视或音频广播）要复杂得多，因为发话方和受话方必须保证一个很低的等待时间，而流式应用则可以使用很大的缓冲区。

这里列出了一些在理解 IP 电话精妙性以前需要研究的内容：

- 人耳的特性，特别是对回声和延迟的感觉；
- 语音压缩和封包技术；
- 无声抑制和舒适噪声生成；
- 回声消除技术；
- Internet 协议对实时应用的缺点：延迟、抖动、包丢失；
- 克服这些局限性的策略：缓冲、冗余、时间戳、服务分辨；
- 分包语音通信量的特征，以及和非实时流的共存性；
- 电话网络中的带内数据传输（DTMF、传真音、调制解调器音）；
- 电话信令协议（ISDN Q.931、SS7 ISUP 等）以及所有连接序列（普通电话、呼叫智能服务、网络超载时的呼叫）；
- IP 电话协议（ITU H.323 和相关协议，MGCP、IETF、MEGACO 和 SIP）。

在 VoIP 研究中，我们很快就发现它是一种许多不同类型专业知识的混和体，包括网络、语音和其他技术领域。为了形成一个好的 VoIP 小组，需要每个专家都要具备其他领域专家的与 VoIP 有关的基本知识。

三、读者

你会发现这本书在你面对下述问题时会很有用：

- 在我的公司构建网络时应该选择哪种网关？什么标准？
- 我能不能用 VoIP 链路透明地替换我的主干链路？
- 我是否能摆脱所有的电话配线？
- 我能否防止网络的 VoIP 超载？怎样才能穿过防火墙？
- 2 Mbit/s 的 IP 接入对于新的拥有 100 个话务员的 VoIP 呼叫中心是否足够？
- 我能否在 VoIP 网络上使用动态 DHCP 定位？
- 我如何通过网络进行传真？
- 我是否能利用 VoIP 进行多点会议或广播？

在另一方面，如果你看一下提供商的名单并且研究一下每一种产品，或者只是简单地浏览一下有关技术问题，你可能会感到失望。

这本书假设你具备 IP 和 ISDN 网络的工作知识。这并不是说读者必须熟悉所有的端口选择或者 BGP4 路由选择，但是我们将不会解释一些基本的 IP 路由选择概念，比如 IP 地址或 TCP 端口。如果你感到自己需要澄清一些 Internet 协议，我们建议读一下 Christian Huitema 写的书。同样我们还假设读者了解 ISDN 有关的消息意义，比如 Setup、Alerting 或 Connect，虽然我们解释了它们在 H.323 方面的作用。

另外，我们在本书中尽可能避免过多地利用其他文献线索，我们知道，为了了解一个内容，下载和阅读整个 RFC 或 ITU 建议需要花费很多的时间，因此我们在需要的地方都插入了一些小摘要。比如，你会发现在 H.323 一章中有流行的音频编码器的描述。我们还给出了在本书中所用缩写词的定义的一览表，看起来每一种新的电信应用都需要建立它自己的词汇表。当然，相关的线索也集中在参考文献一节中给出。

四、与标准的关系

仅仅 3 年内，IP 电话已经从单端口、独立的网关发展到有支持每个 PCI 插槽 120 端口的骨干硬件。这只是冰山之一角——标准在以 2 倍的速度在进化。由于我们决定不选择新的标准，而是介绍 H.323、SIP 和 MGCP，所以这对我们来说就更困难。人们总是感到困惑，所以问我们：谁是获胜者？而事实上只有 H.323 和 SIP 才能被看成是直接竞争者：两者都要通过“智能”多媒体端点实现，而且普遍的看法是 H.323 比 SIP 要“复杂得多”，主要是因为 H.323 使用了二进制 ASN.1 编码，但是这对于任何编程者都不是严重的障碍。对于网关和应用来说，MGCP 是一种以激励为基础的协议，它可以结合 H.323 或 SIP 使用。SIGTRAN 组的成就在这里没有说明，它们的目的是通过 IP 网络传输 SS7 信令，也就是将 Internet 作为一种简单的通路。对我们来说，SIGTRAN 内容应该属于一本 PSTN 技术的书。

我们希望书稿内容能尽可能地新，但是由于出版过程会有不可避免的延迟，我们知道当你读到本书时某些标准已经发展了。有些章节的基础是从 IETF Internet 草案收集的资料，由于这些文件的不稳定性，IETF 明确表示不鼓励这样做。然而实际上人们很少重写整个草案，但我们希望书中收集的背景资料能足够你使用，并使你能够加入到改进 VoIP 技术的工程师群体中。

我们提供了大部分相关的标准、草案、投递清单和网站的线索。没有什么可以代替标准化过程的日常合作：对于标准文件中写下的每一行，都可能有 100 行的邮件、讨论和草案融入这一行。有时发生争论并得出“每个人的权利”这样的句子（比如关于 H.323 中 G.723.1 和 G.729 的章节），如果不联想到以前的讨论，没有人能理解它。我们在这本书中已经尽可能地考虑了“幕后的”材料，但是我们仍然鼓励你通过投递清单表达个人的意见。

五、基于 IP 的多媒体的未来

IP 技术成为一种产业的发展速度是很惊人的，但是距离成熟还很远。

今天的产品仍然有很多技术缺陷。一般来说，产品大约要落后标准两年。比如，在写这本书的时候，只有一种网关和一种 IP 电话软件支持呼叫中的呼叫转移，尽管这种技术在 H.323v1 中已经定义了。而这种技术在现在的 PSTN 上是使用最广泛的最基本服务之一。每个人都在夸耀“增值服务”，但令人惊讶的是，还没有人真正获得基本的服务。

另一个明显的例子是缺乏一种标准的 URL 格式来触发 H.323IP 电话呼叫。大的软件厂商都不愿意做此事。因此你只能给每个不同地方的 H.323 电话设置一个不同的按钮。

还有些经济问题需要解决。在历史上，几乎所有的 Internet 网站都在美国。因此世界其他地方的 ISP 必须为到达美国的数据租用线路付出 100% 的费用。而电话网络的情况则不同：每个运营商对租用线路只需付 50% 的费用。这种不平等的情况不会持续太久：网络通信量的不平衡多数情况在 30/70 范围内，当然交互式音频和视频的通信量是平衡的。有趣的是，IP 语言在美国、欧洲和亚洲的发展都同样迅速，这应该对国际互联网的发展有帮助。

除了这些很快将要被解决的小问题之外，IP 电话和视频的未来似乎是光明的。不久 SDH 和 SONET 传输网络将会承载更多的数据而不是语音（在 BT 网络上已经是这样了），在这一点上使用分包语音是显而易见的。有些人仍然在争论，分包语音并不意味着是 IP，为什么我们不使用帧中继和 ATM？关于这一点有两个原因：很快，99.9% 的数据都将是基于 IP 的。只为了语音将 ATM 或帧中继层提供给终端用户没有任何意义。另外，ATM 和帧中继在连通性上不成比例。交换虚电路（Switched Virtual Circuit）对于今天的偶发数据交换来说太慢，而永久虚电路（Permanent Virtual Circuit）虽然在只有少数节点需要连接的时候对于主干和互联网很适合，但是对于一个开放的网络没有意义。

在低速链路上，IP 的确存在反应时间的问题，但是当具有 xDSL 连接的网络时将会解决这个问题，在这个阶段，我们或许会明白，大型数据包使用的带宽对于视频来说效率更高。如果我们超前几年规划，用这样的 xDSL 线路连接数 Gbit/s 宽的主干，使用高级的带回声消除器的硬件 IP 电话，以及新型的 ITU 标准宽频带编码器，那么我们在现在的 ISDN 网络上就会得到更好的声音质量，当然也包括视频。这已经不远了。在加拿大，有些幸运的人已经在家享受了 2 Mbit/s 线路，而且每个月的费用低于 100 美元。

我们可能还会更加惊奇，明天的移动电话网络，比如 UMTS 将成为无线数据传输的单元，可以每秒钟收发以兆字节计的数据。既然人们就要通过 IP 进行对话，为什么还要发明协议，要在这些电话上运行多媒体应用呢？可能是因为我们的下一代移动电话会是一种 IP 电话。

六、鸣谢

我们应该感谢许多人的努力、支持和帮助，没有这些人，这本书不可能实现它的目标。

特别是那些经常出席 IETF、ETSI TIPHON 和 ITU SG 16 会议和贡献了大量与 IP 电话相关的投递清单的人们。

我们尤其要感谢那些为因特网电话革命无私贡献的人们。像 Scott Petrack、Christian Huitema、Dave Oran、Louise Spergel、Dale Skran、Gur Kimchi、Jonathan Rosenberg、Henning Schulzrine、Jim Toga、Max Morris、Mike Buckley 以及 Jeff Pulver。

我们要感谢 CNET 的 Michel Dudet、Gerard、Sylvie、Catherine、Marcel、Michel、Bernard、Bertrand、Cyril、Pierrick、Jean Jacques、Soleiman、Christope、Sebastien 和 Frank。

我们还要感谢 VocaITec 的人们：Elad Sion、Eran Barak、Lior Moscovici、Alon Cohen、Doron Zinger 和 Bayard Gardineer 对我们的支持和建议。

作者

第一部分 IP 电话协议的应用层

第一章 H.323 和 IP 电话的基本背景	3
1.1 一点历史	3
1.1.1 到哪里去找相关文件	3
1.1.2 从 RTP 到 H.323: 一个快速浏览	4
1.2 在分组交换网络上传送语音	5
1.2.1 以达尔文的观点观察语音传输	5
1.2.2 使用 RTP 和 RTCP 实现基于 IP 的语音和视频	8
1.3 逐步了解 H.323	16
1.3.1 从终端 A 到终端 B 的一个简单呼叫	16
1.3.2 从 Internet 呼叫公共电话网用户	22
1.3.3 H.323 跨越多个域	27
1.4 高级内容	33
1.4.1 快速过程	33
1.4.2 H.323 会议	39
1.4.3 目录和编号	43
1.4.4 H.323 安全: H.235	49
1.5 媒体流	57
1.5.1 编解码器	57
1.5.2 DTMF	74
1.5.3 传真	75
1.6 使用 H.450 补充服务	81
1.6.1 H.450.1	81
1.6.2 H.450.2: 呼叫转移	82
1.6.3 H.450.3 : 呼叫前转(call diversion)	86
1.6.4 H.450 的未来	87
1.7 H.323 的未来	87
第二章 会话启动协议(SIP)	89
2.1 SIP 的起源和用途	89

2.1.1 简单 SIP 呼叫概要	89
2.1.2 SIP 消息	92
2.1.3 会话描述语法 SDP	100
2.2 SIP 的高级服务	102
2.2.1 SIP 实体	102
2.2.2 用户定位和移动性	107
2.2.3 多方会议	111
2.2.4 配置基于网络的呼叫处理	113
2.2.5 SIP 呼叫计费	113
2.3 SIP 安全	114
2.3.1 媒体安全	114
2.3.2 SIP 防火墙	116
2.4 SIP 与 H.323	117
2.4.1 SIP 能做但 H.323 做不到的事情	117
2.4.2 H.323 能做但 SIP 做不到的事情	118
2.4.3 H.323 到 SIP 网关	119
2.4.4 关于 SIP 的未来及其与 H.323 关系的结论	120
第三章 媒体网关到媒体控制器协议(MGCP)	121
3.1 简介	121
3.1.1 选择哪种协议	122
3.1.2 关于需求	123
3.1.3 IP 电话的一种新结构	123
3.2 什么是 MGCP	128
3.3 协议的工作	131
3.3.1 情况 1	131
3.3.2 情况 2	135
3.3.3 H.323 的情况	138
3.4 注释	142
 第二部分 语音技术背景	
第四章 语音质量	145
4.1 简介	145
4.2 电话网络中的回声	147
4.2.1 发话回声, 受话回声	147
4.2.2 混合回声	148
4.2.3 声学回声	150
4.2.4 怎样限制回声	151

4.3 VoIP 电话网络的延迟	154
4.3.1 操作系统的影响	154
4.3.2 抖动缓冲策略对延迟的影响	155
4.3.3 编解码器、帧分组和冗余的影响	156
4.3.4 端到端延迟的测量结果	158
4.3.5 电话呼叫回声和延迟的可接受性	159
4.3.6 IP 电话网络的结果	161
4.4 接近 ETSI TIPPHON	162
第五章 语音编码	168
5.1 简介	168
5.1.1 传送带宽、抽样和量化	168
5.1.2 数字信号处理的一些基本工具	171
5.1.3 A 律或 μ 律 ITU-T 64 kbit/s G.711	174
5.1.4 语音编码器的规范和主观质量	176
5.1.5 ACR 主观测试或 MOS 的含义	177
5.2 语音和听觉属性	180
5.2.1 语音的产生	180
5.2.2 语音和音频比特率降低的听觉感受	184
5.3 量化和编码器	185
5.3.1 自适应量化器	185
5.3.2 差分(及预测)量化	188
5.3.3 向量量化	191
5.3.4 熵编码	192
5.3.5 波形编码器: ADPCM ITU-T G.726	192
5.3.6 使用波形类编码器的宽频带语音编码	196
5.4 语音编码技术	199
5.4.1 混合与合成分析语音编码	199
5.4.2 GSM 全速率 RPE-LTP 语音编码器	200
5.4.3 代码激励线性预测(CELP)编码器	202
5.4.4 ITU-T 8 kbit/s CS-ACELP G.729	205
5.4.5 ITU-T G.723.1	207
5.4.6 间断传输和舒适噪声发生器	208
5.4.7 低延迟 CELP 编码: ITU-T G.728	209
5.4.8 关于语音编码器的部分结论和它们的近期发展	211
5.5 关于 VoIP 电话网关的评论	212
5.5.1 电气回声消除器	212
5.5.2 最大努力	213
5.5.3 非标准化	213

第三部分 网络

第六章 服务质量	219
6.1 什么是服务质量	219
6.2 描述数据流	220
6.3 用于控制服务质量的排队技术	221
6.3.1 分级排队技术	222
6.3.2 公平排队技术	222
6.3.3 如何计算 GPS 离开时间	227
6.3.4 网络中的 PGPS 复用器	228
6.4 传递服务质量要求	229
6.4.1 IP 中的 TOS 字节	229
6.4.2 使用 IP 优先级字段	230
6.4.3 (重新)定义 IP TOS 字节的值	231
6.4.4 与 IP TOS/DS 字节有关的问题	234
6.5 RSVP	235
6.5.1 RSVP 提供的服务	235
6.5.2 RSVP 消息	236
6.5.3 使用 RSVP 建立受控负载预定	238
6.5.4 使用 RSVP 建立保证服务预定	239
6.5.5 软状态	240
6.5.6 其他特色	241
6.6 RSVP 的可伸缩问题	241
6.6.1 CPU 的限制	241
6.6.2 过度供应	242
6.6.3 状态	242
6.6.4 一些解决方案	243
6.7 骨干网上的服务类别	243
6.7.1 将相似的流分组	243
6.7.2 带宽的管理	245
6.7.3 和 RSVP 通道一起使用 DiffServ	245
6.8 RSVP 到 Diffserv 的映射	246
6.8.1 PATH 消息	247
6.8.2 RESV 消息	248
6.8.3 警告	248
6.9 在尽力类别中改善服务质量	249
6.9.1 与 UDP 业务量有关的问题	249
6.9.2 与 TCP 业务量有关的问题	250
6.9.3 RED 和 WRED	251

6.10 与低速链路有关的问题	252
6.11 结束语	254
第七章 网络规划	255
7.1 简单的压缩语音流模型	255
7.1.1 语音编码器	255
7.1.2 使用同一个编码器的 N 路同时通话的模型	258
7.1.3 丢失率与容量规划	259
7.1.4 分组丢失还是帧丢失	263
7.1.5 多编码器	264
7.2 IP 电话专用网络	265
7.2.1 有此必要吗	265
7.2.2 网络容量规划	265
7.3 将数据通信与语音通信组合在一个公共的 IP 骨干网中	268
7.3.1 语音流的优先分级	268
7.3.2 对端到端延迟的影响	270
7.4 多点通信	271
7.4.1 多点音频会议	271
7.4.2 召开多点视频会议	275
7.5 模型呼叫捕获	276
7.5.1 爱尔兰模型简介	276
7.5.2 服务器的数量有限且当没有可用的服务器时呼叫将被拒绝的模型	278
7.5.3 每秒钟的呼叫数	279
7.6 结束语	280
第八章 IP 多点传输路由	282
8.1 何时采用多点传输路由	282
8.1.1 一种实时技术	282
8.1.2 网络的效率	283
8.2 多点传输架构	284
8.2.1 多点传输地址、多点传输群组	284
8.2.2 以太网上的多点传输	286
8.2.3 群组成员资格协议	287
8.3 多点传输应用的控制范围	289
8.3.1 控制范围与初始 TTL 值的关系	289
8.3.2 TTL 门限值	290
8.3.3 管理范围	290
8.4 建立多点传输投递树	291
8.4.1 扩散与生成树	291
8.4.2 共享树	292

8.4.3 源基树	292
8.5 多点传输路由选择协议	294
8.5.1 DVMRPv3	294
8.5.2 其他协议	298
8.5.3 核基树(CBT)	301
8.6 IP 多点传输中的安全问题	301
8.6.1 未经许可的监听	301
8.6.2 未经许可的发送和拒绝服务攻击	302
8.6.3 防火墙	302
8.7 Mbone	303
8.8 域间多点传输路由选择	305
8.8.1 运行不同协议的域之间的互操作	305
8.8.2 BGMP	306
8.8.3 多点传输域间路由选择结论	308
8.9 多点传输警戒	309
8.9.1 在非广播介质上的多点传输	309
8.9.2 扩散	310
8.9.3 共同的问题	311
8.10 地址分配	311
8.11 Mbone 应用	313
8.11.1 在多点传输网络上使用 RTP 召开视频会议	313
8.11.2 SDR: 会话目录	313
8.11.3 VIC 和 VAT	314
8.11.4 可靠多点传输	315
8.12 附录: 多点传输地址	316
词 汇 表	321