



沈鑫剡 等 编著

多媒体传输网络 与 VOIP 系统设计



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

多媒体传输网络与 VoIP 系统设计

沈鑫剡 等 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

多媒体传输网络与 VoIP 系统设计 / 沈鑫刻等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.3

ISBN 7-115-11864-7

I. 多... II. 沈... III. ①多媒体—通信网②计算机网络—语音数据处理

IV. ①TN919.85②TN912.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007884 号

内 容 提 要

所谓多媒体网络,是指能够同时支持数据传输应用、语音传输应用和视频传输应用的网络系统,是一种以 IP 网络为基本传输网络,在此基础上构建语音、视频传输系统的一种网络结构。本书全面、深入地介绍了多媒体网络所涉及的内容,如 IP 网络 QoS 实现机制、组播、RTP、H.323、SIP、MGCP、No.7 信令系统等,在此基础上,深入讨论了多媒体传输网络、Cisco VoIP 系统和视频会议系统的设计过程。在讨论多媒体传输网络、Cisco VoIP 系统和视频会议系统的设计过程时,着重于介绍多媒体传输网络、Cisco VoIP 系统和视频会议系统的工作原理及实现机制。

本书最大的特点在于其全面与深入,不仅为 VoIP 系统和视频会议系统的设计者提供了所需的知识,而且为 VoIP 系统和视频会议系统的研发者提供了所需的知识,能够让读者全面掌握多媒体传输网络、VoIP 系统和视频会议系统相关设备的工作机制。

全书取材新颖、内容丰富、实用性强,全面反映了多媒体传输网络、VoIP 系统和视频会议系统的现状,适合从事多媒体网络设计、安装、调试、管理及开发的工程技术人员阅读,也可作为计算机网络专业的大学高年级学生和研究生的参考书及相关培训班的教材。

多媒体传输网络与 VoIP 系统设计

◆ 编 著 沈鑫刻 等

责任编辑 杨 凌

◆ 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 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129258

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 36.75

字数: 918 千字

2005 年 3 月第 1 版

印数: 1—4 000 册

2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11864-7/TN · 2210

定价: 59.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010) 67129223

前言

语音通信和数据通信的要求相差甚远,语音通信的实时性要求它在通信持续期间独占固定带宽的通信信道,因此只能采用电路交换技术。远程视频会议和语音通信的工作机制相似,只是对用于传输视频信号的通信信道的带宽要求更高。**Internet** 早期的技术现状决定它只能用于传输数据,这主要是因为当时互连节点的物理链路的带宽很低,路由器大多用软件实现,只能完成简单的分组转发工作,而且,IP 也是一种只能提供尽力而为级别服务的网络层协议。随着电子技术和通信技术的发展,一方面路由器的性能越来越高,不只是简单地转发数据,而且还可提供服务分类 (CoS) 功能,网络能够对属于不同应用的 IP 分组提供不同的传输性能;另一方面 SDH/SONET 能够为节点之间互连提供高速物理链路。这两方面的发展使网络能够为属于特定应用的 IP 分组提供理想的传输性能(低时延、较小的时延抖动、低分组丢失率),这种理想的传输性能使经过数据网络传输语音和视频信号成为可能。数据网络采用分组交换,物理链路的利用率远高于电路交换网络,因此,通过数据网络实现语音通信和视频会议有着非常好的经济效益。而且,如果将目前三种相对独立的网络综合成一种数据网络,不仅减少了建立、维护、运行和管理网络的成本,还有可能衍生出三种独立的网络无法支持的新的应用。

一种新的技术是否能够得到快速发展,关键在于它是否处于技术和市场的交叉点。IP 网络的飞速发展,为构建多媒体网络提供了技术保证,巨大的经济效益又为多媒体网络提供了广阔的市场空间,这就使得多媒体网络的兴起和发展成为不可避免的事实。

所谓多媒体网络是指能够同时支持数据传输应用、语音传输应用和视频传输应用的网络系统,是一种以 IP 网络为基本传输网络,在此基础上构建语音、视频传输系统的一种网络结构。这就意味着必须从两个方面来讨论多媒体网络;一方面是如何构建满足语音、视频信号传输要求的 IP 网络,即如何构建多媒体传输网络;另一方面是如何在多媒体传输网络基础上构建用于实现语音、视频通信的 VoIP 系统和视频会议系统。第一方面的内容主要涉及 IP 网络的 QoS 实现机制和点对多点的传播方式,第二方面的内容主要涉及多种呼叫信令和控制协议。对这两方面内容的了解程度可以分为三级:第一级是了解多媒体网络的一些基本概念和应用前景,知道多媒体网络涉及哪些协议以及这些协议的基本功能;第二级是能够设计、安装、调试和管理多媒体网络,如 VoIP 系统,要求能够掌握并配置用于构建多媒体网络的构件,如网关、关守、各种代理服务器等;第三级是能够研发多媒体网络,参与设计、研制用于构建多媒体网络的构件,如网关、关守、各种代理服务器等。本书出版的目的是使读者能够成为对多媒体网络的了解程度达到第三级的人。当然,一个具有研发能力的人肯定能够掌握并配置用于构建多媒体网络的构件,并以此设计 VoIP 系统和视频会议系统。

全书共分为 12 章,从两个方面全面、深入地介绍多媒体网络,第 2 章、第 3 章、第 4 章和第 10 章主要用于阐述多媒体传输网络的实现机制,其余各章主要用于阐述在多媒体传输网络基础上实现 VoIP 系统和视频会议系统的各种机制。各章的具体内容如下:第 1 章讨论多媒体网络的发展过程和应用前景,简单介绍多媒体网络的拓扑结构和协议结构。第 2 章着重

讨论 IP 网络实现 QoS 的机制。第 3 章在分析差分服务 (DiffServ) 和综合服务 (IntServ) 的基础上, 提出综合这两种 QoS 实现机制优点的一种新的 QoS 实现机制——聚集资源预留会话。第 4 章详细介绍点对多点传播方式——组播实现机制。第 5 章详细介绍实时传输协议 (RTP) 及它的播放同步机制。第 6 章详细介绍 H.323 网络的工作原理及实现机制。第 7 章详细介绍 SIP 网络的工作原理及实现机制。第 8 章简单介绍 No.7 信令系统及通过 IP 网络传输信令消息的机制。第 9 章详细讨论 MGCP 和软交换结构, 介绍媒体网关和媒体网关控制器之间的互动过程。第 10 章详细介绍多媒体传输网络的设计过程, 讨论 IP 数据网络实现语音、视频信号传输功能的机制。第 11 章详细介绍利用 Cisco 公司的设备构建 VoIP 系统的过程, 重点讨论 VoIP 系统实现语音传输的工作原理。第 12 章详细介绍视频会议系统的设计过程和工作原理。

本书的主要特点有 3 个方面, 一是着重于介绍工作原理, 让读者不仅知其然, 还知其所以然; 二是在讨论 VoIP 系统和视频会议系统的设计过程时, 不仅仅让读者了解这些系统的拓扑结构和设备配置, 还着重讨论这些系统的操作过程; 三是向读者深入介绍多媒体网络中主要构件的工作原理及它们之间的互动过程, 提供研发者所需要的知识背景。

在本书的编写期间, 得到了工程兵工程学院计算机应用教研室全体同仁的鼓励和帮助, 在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限, 书中难免有不当、错误之处, 敬请广大读者指正。

作者

2004 年 8 月于南京

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 多媒体网络结构	1
1.2 IP 网络设计	10
1.2.1 设计要求	10
1.2.2 实现技术	12
1.3 VoIP 系统的几种形式	17
1.4 视频会议系统组成	19
第 2 章 IP 网络 QoS 实现机制	21
2.1 QoS 基础	22
2.1.1 时分复用 (TDM) 和统计复用	22
2.1.2 尽力而为 (Best-effort) 服务	25
2.1.3 网络服务分类 (CoS)	26
2.1.4 统计复用对服务质量 (QoS) 的影响	26
2.1.5 服务分类 (CoS) 发展过程	33
2.2 队列调度算法	41
2.2.1 先进先出 (FIFO) 队列	42
2.2.2 优先级队列 (PQ)	43
2.2.3 公平队列 (FQ)	45
2.2.4 加权公平队列 (WFQ)	46
2.2.5 加权循环 (WRR) 队列	49
2.2.6 赤字加权循环 (DWRR) 队列	51
2.3 主动式队列存储器管理	57
2.3.1 尾丢弃	58
2.3.2 几种主动式队列存储器管理方法	59
2.3.3 管理不可控信息流	65
2.4 TCP 拥塞控制机制	66
2.4.1 TCP 分段和确认	67
2.4.2 几种 TCP 拥塞控制机制	68
2.4.3 TCP 会话吞吐率分析	71
2.5 速率限制和信息流管制	72
2.5.1 信息流整形	72
2.5.2 信息流管制	74
2.5.3 信息流软管制和硬管制应用	75
2.6 Juniper Networks 差分服务功能	75

2.6.1	Juniper Networks 差分服务概述	75
2.6.2	Juniper Networks 差分服务构件	76
2.6.3	差分服务功能应用	79
2.7	差分服务应用实例	80
2.7.1	为语音信息流按需预留带宽	80
2.7.2	为语音信息流超量预留带宽	80
2.7.3	设置优先级队列	80
第3章	RSVP、综合服务 (IntServ) 和差分服务 (DiffServ)	82
3.1	概述	82
3.1.1	数据流	83
3.1.2	资源预留模式	83
3.1.3	资源预留类型	84
3.1.4	各种资源预留类型实例	86
3.2	RSVP 操作机制	87
3.2.1	RSVP 消息	87
3.2.2	合并流说明符	89
3.2.3	软状态	89
3.2.4	清除消息	89
3.2.5	出错消息	90
3.2.6	确认消息	90
3.2.7	建立会话过程	91
3.3	RSVP 功能说明	91
3.3.1	RSVP 消息格式	91
3.3.2	发送 RSVP 消息	96
3.4	RSVP 工作过程	97
3.4.1	RSVP 会话建立过程	97
3.4.2	路由器 RSVP 实现机制	99
3.5	差分服务网络上的综合服务操作	99
3.5.1	网络拓扑结构	99
3.5.2	服务映射	100
3.5.3	微分信息流	101
3.5.4	两种在差分服务网络上进行综合服务操作的实例	102
3.5.5	差分服务域的功能要求	104
3.5.6	性能优势	105
3.6	聚集 RSVP	107
3.6.1	概述	108
3.6.2	聚集 RSVP 的几个问题	109
3.6.3	聚集 RSVP 操作过程	113
3.6.4	聚集 RSVP 新增协议单元	116
3.6.5	聚集资源预留会话操作过程	117

3.6.6	聚集资源预留会话操作实例	121
第4章	组播	126
4.1	组播技术基础	126
4.1.1	组管理协议	127
4.1.2	组播转发算法	130
4.2	Internet 组管理协议 (IGMP)	137
4.2.1	接收终端服务接口	138
4.2.2	终端系统所维持的状态	138
4.2.3	消息格式	140
4.2.4	协议操作过程	144
4.2.5	一个 IGMP 操作实例	151
4.3	距离向量组播路由协议 (DVMRP)	153
4.3.1	DVMRP 概述	153
4.3.2	DVMRP 控制消息首部	158
4.3.3	探测消息	159
4.3.4	交换路由信息	162
4.3.5	剪枝	174
4.3.6	嫁接	178
4.4	协议无关组播—稠密模式 (PIM-DM)	180
4.4.1	以源终端为根的广播树	181
4.4.2	竞争指定转发路由器	183
4.4.3	剪枝和嫁接	184
4.4.4	建立邻接关系	187
4.5	协议无关组播—稀疏模式 (PIM-SM)	187
4.5.1	注册消息	190
4.5.2	加入/剪枝消息	191
4.5.3	竞争指定转发路由器	197
4.5.4	RP 发现过程	198
第5章	实时传输协议 (RTP)	199
5.1	播放同步机制	199
5.1.1	固定延迟播放	200
5.1.2	自适应延迟播放	201
5.1.3	丢失分组补偿机制	202
5.2	RTP 基本作用	204
5.3	RTP 分组格式	205
5.4	混合器和转换器	206
5.5	RTP 控制协议 (RTCP)	207
5.5.1	RTCP 发送者报告 (SR) 分组	208
5.5.2	RTCP 接收者报告 (RR) 分组	210
5.5.3	RTCP 源终端描述 (SDES) 分组	211

5.5.4	BYE 分组	212
5.5.5	应用相关功能分组	212
5.5.6	计算往返时间	212
5.5.7	计算时延抖动	213
5.5.8	RTCP 分组发送频率	213
5.6	RTP 应用实例	214
第 6 章	H.323	216
6.1	H.323 信令协议概述	219
6.1.1	H.225.0 和 H.245 概述	219
6.1.2	H.323 编址	220
6.1.3	多媒体信息流编码方式	220
6.2	RAS 信令协议	221
6.2.1	RAS 信令消息格式	222
6.2.2	关守发现过程	231
6.2.3	端点注册和撤消注册过程	232
6.2.4	端点定位过程	233
6.2.5	许可控制过程	233
6.2.6	带宽改变过程	235
6.2.7	状态信息	236
6.2.8	撤消呼叫过程	236
6.2.9	适用资源	237
6.2.10	请求进行中	237
6.3	呼叫信令协议	238
6.3.1	呼叫信令消息格式	239
6.3.2	Q.931 操作过程	245
6.4	H.245 控制信令协议	252
6.4.1	H.245 消息分类	252
6.4.2	逻辑信道	252
6.4.3	H.245 协议操作过程	253
6.4.4	快速连接过程	258
6.4.5	会议呼叫	260
6.5	H.323 环境下的 VoIP 系统设计实例	262
第 7 章	SIP	271
7.1	SIP 概述	271
7.1.1	编址	272
7.1.2	代理服务器	273
7.1.3	SIP 操作过程	273
7.2	SIP 消息	275
7.2.1	SIP 请求消息类型	276
7.2.2	SIP 响应消息类型	277

7.2.3	消息头	278
7.3	会话描述协议 (SDP)	287
7.3.1	SDP 结构	288
7.3.2	SDP 语法	288
7.3.3	用 SDP 描述 SIP 消息体	293
7.4	SIP 结构	295
7.4.1	事务层	295
7.4.2	传输层	303
7.5	代理服务器	304
7.5.1	检测请求消息	305
7.5.2	路由请求消息	305
7.5.3	消息头 Via 处理过程	307
7.5.4	消息头 Record-Route 和 Route 处理过程	308
7.5.5	分枝操作	310
7.6	SIP 操作过程	312
7.6.1	注册操作过程	312
7.6.2	会话操作过程	316
7.7	SIP 特色服务	326
7.7.1	延迟呼叫	327
7.7.2	呼叫转移	327
7.7.3	中断通信	328
7.8	SIP 网络和 H.323 网络互联	329
7.9	SIP 环境下的 VoIP 系统设计实例	334
第 8 章	No.7 信令系统	349
8.1	信令的基本概念	349
8.2	No.7 信令系统概述	350
8.2.1	No.7 信令系统分层结构	351
8.2.2	No.7 信令网络结构	352
8.2.3	No.7 信令网络链路类型	354
8.2.4	中国 No.7 信令网络结构	355
8.2.5	信令点地址编码	357
8.2.6	信令单元结构	359
8.2.7	呼叫建立实例	365
8.3	网络互联	369
8.3.1	PSTN 和 SIP 网络互联	369
8.3.2	PSTN 和 H.323 网络互联	372
8.4	信令传输	373
8.4.1	信令传输结构	374
8.4.2	流控制传输协议 (SCTP)	376
8.4.3	No.7 信令系统 MTP3 用户适配层 (M3UA)	385

8.4.4	No.7 信令系统 MTP2 用户适配层 (M2UA)	391
8.5	No.7 信令协议应用实例	391
8.5.1	No.7 信令协议在 Internet 接入中的应用	391
8.5.2	综合语音通信网络	394
第 9 章	MGCP 和软交换	396
9.1	软交换结构	404
9.1.1	媒体网关控制器功能	405
9.1.2	用作媒体网关控制的协议	405
9.2	媒体网关控制协议 (MGCP)	406
9.2.1	MGCP 模型	406
9.2.2	参数行	408
9.2.3	命令和响应	416
9.2.4	MGCP 操作实例	427
9.3	MEGACO/H.248	440
9.3.1	MEGACO/H.248 结构	440
9.3.2	描述符	443
9.3.3	封装	447
9.3.4	MEGACO/H.248 命令和响应	447
9.3.5	MEGACO/H.248 协议操作过程	451
第 10 章	多媒体传输网络设计	462
10.1	交换机 QoS 功能	462
10.1.1	Catalyst 6000 输入接口配置	462
10.1.2	Catalyst 6000 输出接口配置	463
10.2	边缘路由器 QoS 功能	465
10.2.1	策略和速率限制	465
10.2.2	队列管理	471
10.3	核心路由器 QoS 功能	485
10.3.1	转发类和丢弃优先级	486
10.3.2	码点分类器 (或行为聚集 (BA) 分类器)	486
10.3.3	多字段分类器 (MF 分类器)	488
10.3.4	管制器	488
10.3.5	策略转发	489
10.3.6	交换结构调度器	489
10.3.7	队列调度器	490
10.3.8	标记器	491
10.3.9	Juniper Networks T 系列核心路由器 QoS 配置实例	492
10.4	多媒体传输网络设计实例	495
10.4.1	差分服务域设计实例	495
10.4.2	综合服务域设计实例	502
第 11 章	Cisco VoIP 系统设计	505

11.1	IP 电话	505
11.1.1	SCCP 环境下的应用系统设计	506
11.1.2	MGCP 环境下的应用系统设计	509
11.1.3	SIP 环境下的应用系统设计	515
11.2	网关	523
11.2.1	Cisco 26XX 和 36XX 路由器	523
11.2.2	AS5300、AS5400 和 AS5800 接入路由器	537
11.3	VoIP 系统设计实例一	542
11.3.1	网络拓扑结构	542
11.3.2	设备配置	543
11.3.3	VoIP 系统操作过程	544
11.4	VoIP 系统设计实例二	548
11.4.1	网络拓扑结构	548
11.4.2	设备配置	549
11.4.3	VoIP 系统操作过程	551
第 12 章	视频会议系统设计	563
12.1	视频终端 WG500	565
12.2	Encounter 3000 关守设备	566
12.3	Encounter 3000 网关设备	567
12.4	Encounter 3000 网络服务器 (多点处理单元 MCU)	568
12.5	Encounter 3000 会议管理系统	569
12.6	视频会议系统设计实例	570
12.6.1	网络拓扑结构	570
12.6.2	设备配置	570
12.6.3	操作过程	571
	参考文献	573

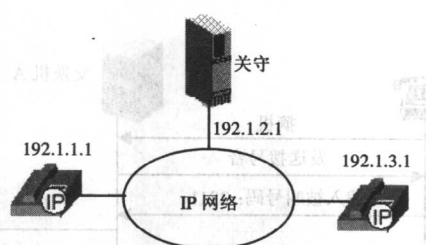
第1章 绪论

1.1 多媒体网络结构

所谓多媒体网络，是指能够同时支持数据传输应用、语音传输应用和视频传输应用的网络系统。对于读者而言，最常见的语音传输网络系统为公共交换电话网（PSTN），最常见的数据传输网络系统为 IP 网络，最常见的视频传输网络系统为有线电视传输网络。多媒体网络就是一种将语音传输系统、视频传输系统集成到数据传输网络的网络，它是以 IP 网络为基本传输网络，在此基础上构建语音、视频传输系统的一种网络结构。如图 1.1 和图 1.2 所示分别为以 H.323 协议和 SIP 为基础，在 IP 网络上构建语音传输系统的多媒体网络协议结构和网络拓扑结构。为使读者能够更容易地了解多媒体网络结构，下面以 PSTN 协议结构和网络拓扑结构为参照物来简单讨论一下图 1.1 和图 1.2 所示协议结构的基本原理和操作过程。

数据传输部分		呼叫控制部分		
音频编码	RTCP	H.225.0 RAS 信令协议	H.225.0 呼叫 信令协议	H.245 控制 信令协议
RTP				
UDP			TCP	
IP				
PPP(链路层)				
SDH(物理层)				

(a) H.323 网络协议结构



(b) H.323 网络拓扑结构

图 1.1 H.323 网络结构

数据传输部分		呼叫控制部分	
音频编码	RTCP	SIP	
RTP			
UDP		TCP 或 UDP	
IP			
PPP(链路层)			
SDH(物理层)			

(a) SIP 网络协议结构



(b) SIP 网络拓扑结构

图 1.2 SIP 网络结构

码后，停止向主叫话机发送拨号音；否则，向主叫话机发送忙音，主叫用户需要通过挂机来终止当前的拨号呼叫过程。

主叫用户继续拨入后续被叫号码 2、1、1，这些号码同样被主叫话机用 DTMF 信号传输给交换机 A。交换机 A 对每一位号码进行拨号规则检测，如果检测失败，立即向主叫话机发送忙音，终止当前拨号呼叫过程。

当交换机 A 收集到全部被叫号码后，根据配置的路由表确定下一跳交换机和呼叫信令消息输出端口。这个路由过程和路由器通过目的 IP 地址确定下一跳路由器和输出端口的过程十分相似，但路由器的路由表是通过路由协议生成的，而 PSTN 交换机的路由表是静态配置的。

从图 1.3 中可以看出，信令传输路径和语音数据传输路径是相互独立的，但交换机往往同时既是信令节点（信令消息的源点或目的点），又是语音数据交换节点。信令消息通过 No.7 信令网络进行传输，信令网络的叶节点（信令消息的源或目的节点）称为信令点，每一个信令点都有着信令点编码（SPC），信令消息必须携带源信令点编码（SPC）和目的信令点编码（DPC）。从源信令点到目的信令点路径上的其他中间节点根据信令消息所携带的目的信令点编码（DPC）选择后续路径，源和目的信令点之间用于转发信令消息的中间节点称作信令转接点（STP）。如果将 No.7 信令网络和 IP 网络进行比较的话，信令点类似于 IP 网络的终端设备，信令点编码类似于终端设备的 IP 地址，信令转接点（STP）类似于 IP 网络的路由器。就像必须为路由器分配 IP 地址一样，STP 也需要分配信令点编码。信令消息就像 IP 分组，而信令消息传输部分（MTP1、2、3）就像 IP 网络的物理层、链路层和 IP 层。

当交换机 A 根据被叫号码确定下一跳节点时（交换机 B），它首先从连接下一跳节点的语音数据承载链路上选择一空闲的 DS0 信道，并在转接表中将连接主叫话机的用户线和选定的 DS0 信道关联在一起，随后，生成信令消息 IAM。该信令消息的源信令点编码（OPC）为交换机 A 的信令点编码，目的信令点编码（DPC）为交换机 B 的信令点编码，根据目的信令点编码（OPC）确定信令消息 No.7 信令网络中的下一跳节点（STP），并将信令消息转发给该节点。中间节点（STP）同样根据信令消息的 DPC 确定信令消息的下一跳节点，并将信令消息 IAM 转发给目的信令点——交换机 B。目的信令点（交换机 B）从 IAM 中取出主叫和被叫号码，判别连接被叫话机的用户线是否空闲，在确定空闲的情况下，将连接被叫话机的用户线和在源信令点（交换机 A）连接目的信令点（交换机 B）的承载链路中选定的 DS0 信道关联在一起，生成信令消息 ACM，沿着传输信令消息 IAM 相反的传输路径将信令消息 ACM 发送给交换机 A。交换机 B 在发送 ACM 信令消息的同时，接通 DS0 的交换机 B→交换机 A 传输方向的通路。当交换机 A 接收到 ACM 信令消息后，又将交换机 A→主叫话机传输方向的通路和交换机 B→交换机 A 传输方向的通路相连接，因而使得交换机 B→主叫话机传输方向的通路接通。交换机 B 在发送完 ACM 消息后，一方面通过连接被叫话机的用户线路向被叫话机发送振铃信号（固定频率、固定断续比的信号），导致被叫话机发出振铃声，另一方面，振铃信号沿着交换机 B→主叫话机的传输通路到达主叫话机，让主叫用户通过听筒听到振铃回音。

被叫用户听到振铃声后，摘机应答，被叫话机通过改变用户线上的直流电压将摘机操作告知交换机 B，交换机 B 将 DS0 双向通路接通并和用户线路相接，生成 ANM 消息，并将 ANM 消息发送给交换机 A。交换机 A 收到信令消息 ANM 后，也将 DS0 双向通路接通并和连接主叫用户的用户线相接，此时，主叫和被叫之间的双向通信通路成功建立，主叫用户和

被叫用户可以开始双向语音通信。值得指出的是，用户线上传输的是模拟音频信号，DS0 信道传输的是数字音频信号（Q.711 A 律），因此，必须由交换机完成 A/D 或 D/A 转换。

主叫用户在完成语音通信后挂机，主叫话机通过改变用户线路直流电压将挂机操作告知交换机 A，交换机 A 释放占用的 DS0 信道，将 REL 信令消息发送给交换机 B，交换机 B 释放占用的 DS0 信道，向被叫用户发送忙音，同时，向交换机 A 发送 RLC 信令消息。被叫用户听到忙音后挂机，整个通信过程结束。

从 PSTN 协议结构看，现代 PSTN 的基础传输网络大多为同步数字体系（SDH），多个用于语音数据通信的 DS0 信道复用成 E1 电路，多条 E1 电路可以复用成 E2 电路，也可以通过 C-12 直接复用到 SDH STM-1 帧中。在协议结构中将 DS0、E1 和 SDH 单独作为一层列出就是为了说明这种复用过程，读者务必将 DS0、E1 和 SDH 与 H.323 或 SIP 网络中的 SDH、链路层和网络层相区分，它们是完全不同的分层结构。

对于数据传输部分，语音数据经过交换机 A/D 转换和 PCM A 律变换，变成 64kbit/s 的位流直接进入 DS0 的时隙。对于信令呼叫控制部分，用户层生成的信令消息通过消息传输部分（MTP1、2、3）从源信令点传输到目的信令点，因此，MTP1、2、3 和数据网络结构中的物理层、链路层和网络层十分相似，而且通常用 DS0 作为 MTP1（物理层）。

PSTN 的功能和使用方式已经深入人心，被广大用户所接受，多媒体网络（H.323 网络和 SIP 网络）如果希望替代 PSTN，必须以人们习惯的使用方式提供 PSTN 提供的服务。

对于 H.323 网络，第一个要解决的问题就是 H.323 终端的地址分配方式。在 IP 网络中，路由器能够识别并选择传输路径的地址是 IP 地址，因此，每一个 IP 网络中的节点（当然包含 H.323 终端）只有分配了 IP 地址后，才能够在 IP 网络中发送或接收数据；两个 H.323 终端在开始语音通信前，也必须有呼叫过程。PSTN 所使用的呼叫过程是拨号呼叫，通过拨入被叫话机号码来启动呼叫过程，如果将 H.323 终端的呼叫方式改成输入被叫 H.323 终端的 IP 地址来开始呼叫过程，用户必定无法接受。因此，H.323 终端作为 H.323 电话必须按照 E.164 地址结构分配电话号码，而且用被叫 H.323 电话的电话号码，而非 IP 地址开始呼叫过程。但是，主叫 H.323 电话无法用被叫 H.323 电话的电话号码将呼叫控制信令传输到被叫 H.323 电话，事实上，在 IP 网络中，无法用 E.164 地址进行任何消息的发送和接收过程。这样一来，必须保证有一套机制能够完成 E.164 地址到 IP 地址的转换，这就是 H.323 协议系统中 H.225.0 RAS 的注册和地址解析过程，如图 1.5 所示。

PSTN 的呼叫过程主要完成两个功能：一是建立主叫和被叫之间的通信通路，二是让通信双方就绪。在 H.323 网络中，不存在专用的从主叫 H.323 电话到被叫 H.323 电话之间的物理通信通路，但如果用实时传输协议（RTP, Real-time Transport Protocol）进行数据传输的话，必须确定双方的 RTP 传输地址、双方的语音数据编码格式和双方 RTP 分组的时间间隔等，这一切也需要通过呼叫连接过程来实现。另一方面，也需要通过呼叫连接过程让通信双方就绪。因此，H.323 网络的呼叫过程虽然其功能和 PSTN 不同，但操作过程十分相似，如图 1.5 所示。

H.323 电话必须是一个智能部件，首先它必须能够运行 H.323 网络所要求的全部协议（如图 1.1 (a) 所示），其次它必须能够实现和用户之间的交互功能，而这些功能（如检测被叫号码、发出拨号音等）在 PSTN 中是由交换机完成的。H.323 电话在工作前必须通过配置为其分配电话号码、IP 地址及关守的 IP 地址，在 H.323 网络开始工作后，H.323 电话首先将自己的电话号码和 IP 地址注册到关守的注册数据库中。

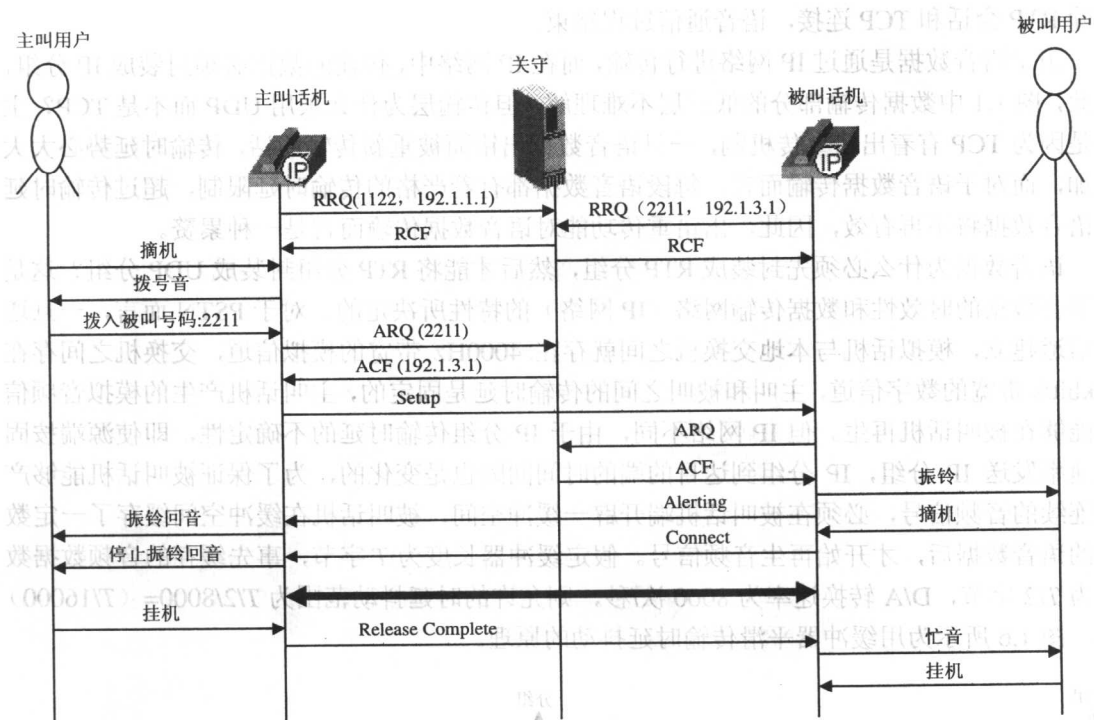


图 1.5 H.323 网络主叫用户和被叫用户语音通信过程

在图 1.5 中可以看出，H.323 电话必须能够检测各个构件的状态，当用户摘机后，H.323 电话立即通过听筒向用户播放拨号音并在用户拨入第一位号码后，停止拨号音的播放。当用户输入完被叫号码后，H.323 电话根据拨号规则检测用户是否有权拨入这样的被叫号码模式，并在检测通过后，开始地址解析过程。主叫 H.323 电话向网关发送许可请求，在许可请求中给出被叫号码 (2211)。网关用被叫号码 2211 检索注册数据库，找到对应项，获得和号码 2211 相关联的 IP 地址 192.1.3.1，并通过许可 (ACF) 消息将被叫 H.323 电话的 IP 地址发送给主叫 H.323 电话，主叫 H.323 电话用该地址与被叫 H.323 电话建立 TCP 连接 (实际上，IP 电话注册时不仅给出 IP 地址，还给出端口号，ACF 中也同时返回 IP 地址和端口号)，并通过建立的 TCP 连接发送信令消息 Setup。被叫 H.323 电话在接收到 Setup 消息后，也和网关相互交换 ARQ 和 ACF 信令消息，在这里，这样做的目的不是为了解析主叫 H.323 电话的 IP 地址，而是进行许可控制。

被叫 H.323 电话在获得网关的许可后，发出振铃声，同时通过已建立的 TCP 连接向主叫 H.323 电话发送 Alerting 消息，通知主叫 H.323 电话：被叫 H.323 电话空闲，并已经发出振铃声。主叫 H.323 电话通过听筒向主叫用户播放振铃回音。一旦被叫用户摘机，被叫 H.323 电话向主叫 H.323 电话发送 Connect 消息，此时，双向 RTP 会话成功建立，主叫和被叫用户可以开始双向语音通信。

在前面讲到，H.323 网络建立呼叫连接的过程，就是主叫和被叫 H.323 电话协商语音数据编码格式、RTP 传输地址的过程。图 1.5 给出的是快速连接过程，正常的呼叫连接过程远比图 1.5 所示的操作过程复杂，第 6 章将详细讨论 H.323 网络工作原理及操作过程。在双方完成语音通信后，主叫用户挂机，主叫 H.323 电话向被叫 H.323 电话发送 Release Complete 消息，被叫 H.323 电话接收到 Release Complete 消息后，发出忙音，提示被叫用户挂机，并