



新一代信息通信规划教材

IP 电话技术与软交换

IP DIANHUA JISHU YU RUANJIAOHUAN

桂海源 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

新一代信息通信规划教材

IP 电话技术与软交换

桂海源 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书较全面地讨论了与 IP 电话和软交换有关的技术,主要包括:IP 电话的基本概念,IP 电话网的一般结构和 IP 电话的一般处理过程,IP 电话的技术基础,语音处理技术,H.323 协议栈的结构,基于 H.323 协议的 IP 电话系统的结构和 IP 电话网中主要设备的功能,基于 SIP 的 IP 电话技术,影响 IP 电话服务质量的主要因素和 IP 网络为提高 IP 电话服务质量采用的主要措施,采用分离网关的 IP 电话系统和软交换体系结构,媒体网关控制协议 H.248,以及信令传输协议 SIGTRAN。本书是高等院校教学用书,也可作为通信工程技术人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

IP 电话技术与软交换/桂海源等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2004

ISBN 7-5635-0864-3

I . IP... II . 桂... III . IP 电话—通信技术 IV . TN916.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 021179 号

出 版 者:北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路 10 号)邮编:100876

发行部电话:(010)62282185 62283578(传真)

电子信箱:publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16.75

字 数:415 千字

印 数:1—5 000 册

版 次:2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0864-3/TN·325

定价:28.00 元

·如有印装质量问题请与北京邮电大学出版社发行部联系·

新一代信息通信规划教材

编 委 会

顾 问：张筱华

主 任：李文海

副主任：王晓军 严潮斌

委 员：(以姓氏笔划为序)

王立平 王 颖 宁 帆 刘翠霞 李 飞

李转年 迟学芬 吴瑞萍 吴正书 苏开荣

肖传统 张孝强 张干生 张一鸣 张敏华

张献居 张新瑛 顾生华 栗建平 徐淳宁

曹晓川 蒋青泉 傅德月

秘 书：王琴秋

编委会的话

随着我国高等教育规模的扩大和信息通信产业的迅速发展,通信专业课程教学面临着新的标准和新的要求。在新的教学理念和信息化手段影响下,人们对教材这一重要的教学要素提出了更大的需求。

教材已经成为传授规范知识和方法,完成教学大纲的主要载体。教材的编写质量和使用状况亦体现了任课教师的教学水准,是课程建设和学科发展水平的重要标志,也是学校的强势学科和特色专业走向成熟的主要表现。所以,各级学校领导和教师历来十分重视教材建设。

上个世纪,原邮电高等教育教学指导委员会讨论审批、推荐出版了一大批教材;现在,其成员单位和部分成员重新组织在一起,开始酝酿着新一轮教材建设的规划和思路。在这个编委会里,既有原邮电院校的专家教授,又有通信技术高等职业学院与成人教育学院的领导和教师,大家群策群力,就是为了一个共同的愿望:通过信息交流,统一规划,共同编写、出版和使用一批优秀教材。这样的优秀教材应体现现代教育观念,反映信息通信技术发展的最新成果,具有先进性、科学性和教学的适用性,充分体现高等教育的特征和本质要求,并充分运用现代教育技术、手段与方法。该套教材经过了多年教学改革实践的检验,并以立体化形式和配套教学资源完整地呈现出来,其教学效果显著。

编委会是在原邮电高等教育教学指导委员会的基础上形成的,汇集了北京邮电大学、南京邮电学院、重庆邮电学院、西安邮电学院、吉林大学通信学院等院校的专家及一线教师。编委会成员在一起认真研讨了目前教材使用状况和问题,建议依据课程设置进行教材的系列化建

设,并最终推出“新一代信息通信规划教材”。编委会认为,应以原有教材体系为基础,根据新的教学要求和教改成果,对部分教材进行修订,并适当增加新课程教材。这套教材以满足一般院校信息通信专业本科教学及成人教育教学需求为宗旨,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,掌握本专业的基本技能、方法和相关知识,同时注重自学和助学功能,内容要新,方法要活,并适当配套相关学习辅导教材。

“新一代信息通信规划教材”将陆续与广大老师和同学见面,它凝聚着编委会成员及所在院校领导和专家的辛勤努力,凝聚着一批优秀教师和作者的智慧结晶。也许其中有些内容因时间仓促而略有瑕疵,但我们相信,有各个院校教师的关爱和斧正,有广大读者的建议和支持,我们的努力必将得到越来越多的认可和赞赏。

新一代信息通信规划教材编委会

2004 年 4 月

前 言

由于因特网的迅速发展,以软交换为核心的下一代网络已成为电信网络演进的主流方向,IP 电话技术与软交换是一项涉及计算机网络、电信网络、信令协议、数字信号处理等多个领域的综合性技术,是下一代网络的核心技术之一。本书将详细介绍 IP 电话的基本概念,相关的语音处理技术,H.323 协议和 SIP 协议,提高 IP 网络服务质量的几种措施,ATM 语音技术,采用分离网关的 IP 电话系统和软交换体系结构,媒体网关协议和信令传输协议 SIGTRAN 等与 IP 电话和下一代网络相关的技术。

第 1 章简单介绍了 IP 电话的基本概念,主要包括 IP 电话业务的几种类型,IP 电话网的一般结构和 IP 电话的一般处理过程,与 IP 电话有关的关键技术,IP 电话与传统电话的技术特点之比较,以及国际和国内 IP 电话的相关标准。第 2 章介绍与 IP 电话有关的技术基础,主要包括了计算机网络协议的概念及开放系统相互通信的过程,TCP/IP 协议栈的结构和 IP 协议的功能和 IP 路由选择过程,Internet 传输层的几个协议,TCP 协议和 UDP 协议的功能,TCP 连接建立和释放的过程。以及实时传输协议 RTP 的功能。第 3 章介绍语音处理技术,主要包括影响语音编码算法的几个因素,波形编码和参数编码的基本原理,在 IP 电话系统中得到广泛应用的 G.729 编码和 G.723.1 编码主要的性能指标及带宽计算,以及消除时延抖动、消除回声和静音抑制的相关技术。第 4 章介绍基于 H.323 协议的 IP 电话技术,主要包括 H.323 协议栈的结构,基于 H.323 协议的 IP 电话系统的结构和 IP 电话网中主要设备的功能;RAS 协议、RADIUS 协议、呼叫信令协议 H.225.0 和媒体控制协议 H.245,网关与电话

网配合的 No.7 信令流程、IP 电话网络中的非快速呼叫建立流程、快速呼叫建立流程和呼叫释放的流程。第 5 章介绍基于 SIP 的 IP 电话技术,主要包括会话启动协议 SIP 的协议栈的结构和基于 SIP 的 IP 电话系统的 C/S 网络结构,SIP 协议和会话描述协议 SDP 的语法结构,以及直接呼叫、用户注册、重定向呼叫和通过代理服务器建立呼叫的信令程序实例。第 6 章介绍了 IP 电话的服务质量,主要包括影响 IP 电话服务质量的主要因素,IP 网络为提高 IP 电话服务质量采用的主要措施,以及资源预留协议 RSVP、业务区分技术和多协议标记交换 MPLS 的基本原理。第 7 章介绍了 ATM 语音技术,主要包括 ATM 的基本原理,在 ATM 上传送语音的三种基本方法,即非结构化电路仿真、结构化电路仿真、动态结构化电路仿真和利用 AAL2 对窄带业务进行 ATM 中继。第 8 章介绍了采用分离网关的 IP 电话系统和软交换体系结构,主要包括采用分离网关结构的 IP 电话网的结构,推动网络向下一代网络演进的主要因素,以软交换为核心的下一代网络的主要特点和向下一代网络演进的策略。以及下一代网络的分层结构和下一代网络各部件之间的标准协议。第 9 章介绍媒体网关控制协议 H.248,主要包括媒体网关控制协议 H.248 的连接模型,H.248 消息的格式、事务交互的过程,H.248 协议的主要命令和参数。媒体网关控制器 MGC 通过 H.248/Megaco 协议来控制 MG 完成呼叫的连接和释放的完整的信令流程。

第 10 章介绍了信令传输协议 SIGTRAN 的协议结构和信令网关 SG 的几种结构,主要包括流控传输协议 SCTP 和 MTP3 用户适配层协议 M3UP 的功能、结构、消息格式和主要消息的功能,以及这两个协议主要的信令流程。

本书在编写过程中参考了附录中所列的相关书籍和资料,在此向这些书籍和资料的编写者表示衷心的感谢。本书在编写过程中得到北京邮电大学出版社编辑部的热忱鼓励和帮助,在此一并致谢。

由于编者水平有限,错误不当之处难以避免,请读者批评指正。

桂海源

2004 年 2 月

目 录

第 1 章 IP 电话概述	1
1.1 IP 电话网的结构和处理过程	1
1.1.1 IP 电话的定义	1
1.1.2 IP 电话的业务类型	1
1.1.3 IP 电话网的结构	2
1.1.4 IP 电话通信的一般过程	3
1.2 IP 电话的关键技术	6
1.2.1 语音处理技术	6
1.2.2 IP 语音通信协议	8
1.2.3 安全技术	8
1.2.4 服务质量保障技术	9
1.3 IP 电话与传统电话的比较	9
1.3.1 传统电话	9
1.3.2 IP 电话	10
1.4 国际和国内 IP 电话的标准	13
1.4.1 国际标准化组织及标准的发展	13
1.4.2 国内标准化组织关于 IP 电话的标准	14
本章小结	15
习题与思考题	16
第 2 章 IP 电话技术基础	17
2.1 计算机网络协议结构	17
2.1.1 分层协议概念	17
2.1.2 协议包含的主要内容	17
2.1.3 OSI 参考模型简介	17
2.1.4 开放系统相互通信的过程	19
2.1.5 层次结构的优点	21
2.2 因特网协议结构	21
2.2.1 TCP/IP 的技术思想	21
2.2.2 TCP/IP 协议栈结构	22

2.3 IP 协议	23
2.3.1 IP 数据报头部的格式	23
2.3.2 IP 地址	25
2.3.3 域名系统	27
2.3.4 逻辑地址和物理地址	28
2.3.5 地址解析协议(ARP)	28
2.3.6 IP 路由选择	29
2.3.7 IP 路由协议	34
2.4 TCP 协议和 UDP 协议	35
2.4.1 传输层地址	35
2.4.2 传输控制协议(TCP)	36
2.4.3 UDP 协议	41
2.5 RTP 协议和 RTCP 协议	42
2.5.1 实时传输协议(RTP)	43
2.5.2 RTP 控制协议(RTCP)	45
本章小结	49
习题与思考题	51
第 3 章 语音处理技术	53
3.1 语音编解码的基本指标	53
3.2 语音编码的基本原理	55
3.2.1 波形编码	55
3.2.2 参数编码	56
3.3 G.729 和 G.723.1 语音编解码器	60
3.3.1 G.729 声码器	60
3.3.2 G.723.1 声码器	63
3.4 其他语音处理技术	65
3.4.1 消除时延抖动的方法	65
3.4.2 回声消除	68
3.4.3 静音抑制	69
本章小结	69
习题与思考题	70
第 4 章 基于 H.323 协议的 IP 电话技术	72
4.1 H.323 协议栈结构	72
4.2 基于 H.323 协议的 IP 电话系统的结构	73
4.2.1 网关	74
4.2.2 网守	76
4.2.3 计费体系结构	77

4.2.4 网络管理中心	78
4.2.5 各接口之间采用的协议	79
4.2.6 H.323 系统的地址	80
4.3 信令协议	80
4.3.1 注册、许可和状态协议(RAS)	80
4.3.2 接入认证、授权和计费协议	83
4.3.3 呼叫信令协议 H.225.0	84
4.3.4、媒体控制协议 H.245	87
4.4 主要的信令过程	90
4.4.1 PSTN(ISDN)与网关的信令配合	90
4.4.2 在 IP 电话网中的信令流程	93
本章小结	99
习题与思考题	100
第 5 章 基于 SIP 的 IP 电话技术	102
5.1 概述	102
5.2 SIP 消息语法概述	107
5.2.1 SIP 消息的一般格式	107
5.2.2 SIP 请求消息	108
5.2.3 SIP 应答消息	109
5.2.4 头部字段	110
5.2.5 SIP 消息示例	113
5.3 会话描述协议(SDP)	114
5.3.1 SDP 的结构	114
5.3.2 SDP 语法	115
5.4 SIP 呼叫的几种模式和典型呼叫信令示例	117
5.4.1 直接呼叫	118
5.4.2 用户注册	121
5.4.3 重定向呼叫	123
5.4.4 代理呼叫	124
本章小结	128
习题与思考题	130
第 6 章 IP 电话的服务质量	131
6.1 影响 IP 电话服务质量的主要因素	131
6.2 提高 IP 电话服务质量的主要措施	134
6.3 资源预留协议(RSVP)	134
6.3.1 RSVP 的一般原理	134
6.3.2 RSVP 协议在 TCP/IP 协议栈中的位置	136

6.3.3	RSVP 的实现机制	136
6.3.4	主要 RSVP 消息的功能及参数	137
6.3.5	H.323 系统的资源预留	139
6.3.6	综合服务的优缺点	140
6.4	区分服务	141
6.5	多协议标签交换(MPLS)	146
	本章小结	148
	习题与思考题	149
第 7 章	ATM 语音技术	150
7.1	ATM 的基本原理	150
7.1.1	ATM 信元	150
7.1.2	ATM 交换	152
7.1.3	ATM 协议结构	153
7.1.4	ATM 的业务流量控制	155
7.1.5	ATM 技术的特点	158
7.2	ATM 上传送语音的技术简介	158
7.2.1	ATM 语音技术概述	158
7.2.2	电路仿真	159
7.2.3	AAL2 中继	166
	本章小结	170
	习题与思考题	171
第 8 章	采用分离网关的 IP 电话系统和软交换体系结构	172
8.1	采用分离网关的 IP 电话系统	172
8.1.1	网关分解	172
8.1.2	采用分离网关的 IP 电话系统结构	173
8.2	下一代网络体系结构	177
	本章小结	181
	习题与思考题	182
第 9 章	媒体网关控制协议 H.248	183
9.1	连接模型	184
9.2	H.248/Megaco 消息的传输机制和消息的一般格式	185
9.2.1	H.248 消息的传输机制	185
9.2.2	事务交互	186
9.2.3	H.248/Megaco 协议消息的一般格式	187
9.3	H.248/Megaco 协议的命令	187
9.4	H.248/Megaco 协议的描述符和封包	190

9.5 H.248/Megaco 呼叫信令流程	193
9.5.1 呼叫建立流程	194
9.5.2 呼叫释放流程	202
本章小结	204
习题与思考题	206
第 10 章 信令传输协议(SIGTRAN)	207
10.1 SIGTRAN 的结构	207
10.2 信令网关的几种结构	209
10.3 流传送控制协议(SCTP)	210
10.3.1 SCTP 概述	210
10.3.2 SCTP 的层次结构及与高层的接口	211
10.3.3 SCTP 分组的格式及参数	216
10.3.4 SCTP 的程序	223
10.4 信令适配协议(M3UA)	227
10.4.1 M3UA 的功能和应用结构	227
10.4.2 M3UA 的路由选择功能	234
10.4.3 M3UA 协议单元的格式和功能	236
10.4.4 M3UA 的程序	242
本章小结	245
习题与思考题	247
“IP 电话技术与软交换”教学大纲	249
参考文献	254

本章主要介绍了 IP 电话的定义和 IP 电话业务的几种类型,IP 电话网的结构,IP 电话通信的一般过程,IP 电话的关键技术。对 IP 电话与传统电话的特性进行了比较,说明了选择因特网传送语音业务的原因。最后介绍了 ITU-T 和 IETF 关于 IP 电话的相关协议和我国国内标准化组织关于 IP 电话的标准。

1.1 IP 电话网的结构和处理过程

1.1.1 IP 电话的定义

IP 电话是在 IP 网上传送的具有一定质量的语音业务。它采用的技术统称为 VoIP (Voice over IP),即在 IP 网上传送语音。由于计算机网络采用的是分组交换技术,其传送的数据单元都是由控制部分和数据部分封装而成的独立的数据包,通常称之为“分组”(Packet),因此从更一般的意义上来说,IP 电话是采用分组技术传送的语音业务。用分组网络传输语音主要有三种方式:帧中继语音技术、ATM 语音技术和 IP 语音技术,其中 IP 语音技术应用得最为广泛。

1.1.2 IP 电话的业务类型

1. PC 到 PC

PC 到 PC 是指利用 PC 机到 PC 机在 IP 网上通话,它是 IP 电话的最初模型。其实现方式是用户首先与 IP 网实现连接,打开 IP 电话客户端应用软件,然后按照提示选择被叫用户或被叫用户的 IP 地址,接通后,双方开始通话。语音信号在发话端的 PC 机上进行压缩后经 IP 网络传送到被叫方的 PC 机上,被叫方 PC 机对语音包进行解压缩,完成语音信号的恢复。如图 1.1.1 所示。

2. PC 到电话

PC 到电话实现的基本原理为:用户首先打开客户端软件,输入被叫号码,客户端软件根据号码查找相应的网关,然后再由网关向被叫用户发起呼叫,被叫摘机后双方进入通话状态。如图 1.1.2 所示。

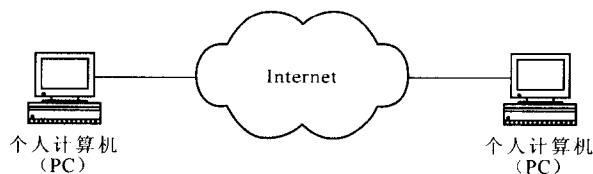


图 1.1.1 PC 到 PC

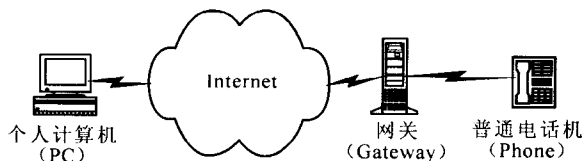


图 1.1.2 PC 到电话

3. 电话到电话

电话到电话是指电话网中的一台普通电话机经过 IP 网与电话网中另一台普通电话机通话。由于电话机是直接通过电话网连接的,要将语音信号转移到 IP 网上进行传输,必须在两种机制的网络之间安装转换设备,这种设备即为 IP 电话网关,如图 1.1.3 所示。这种通过 Internet 网从普通电话到普通电话的通话方式就是人们通常讲的 IP 电话,也是目前发展得最快而且最有商用化前途的电话。

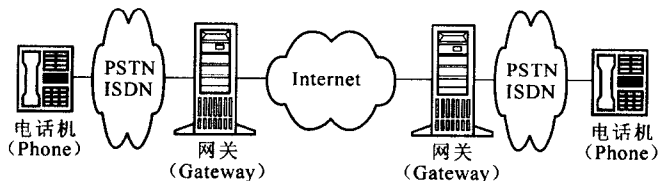


图 1.1.3 电话到电话

4. 电话到 PC

电话到 PC 是指电话用户拨网关的号码,接入到网关设备,经过网关接入被叫 PC,这时需要解决 PC 的 E.164 电话号码的分配。

从目前的使用情况看,电话到电话和 PC 到电话的应用比较多。

1.1.3 IP 电话网的结构

IP 电话网的基本组成框图如图 1.1.4 所示。由图可见,IP 电话网由网关、网守等设备组成。

- 网关是 IP 电话网的接入设备,位于电话交换网与 IP 网之间,是电话交换网的终结点,也是 IP(分组)交换网的起始点,为用户提供 IP 电话业务,完成信令转换及媒体转换。
- 网守是 IP 电话网的管理设备,它提供地址解析、接入认证、带宽管理和资源管理等功能。

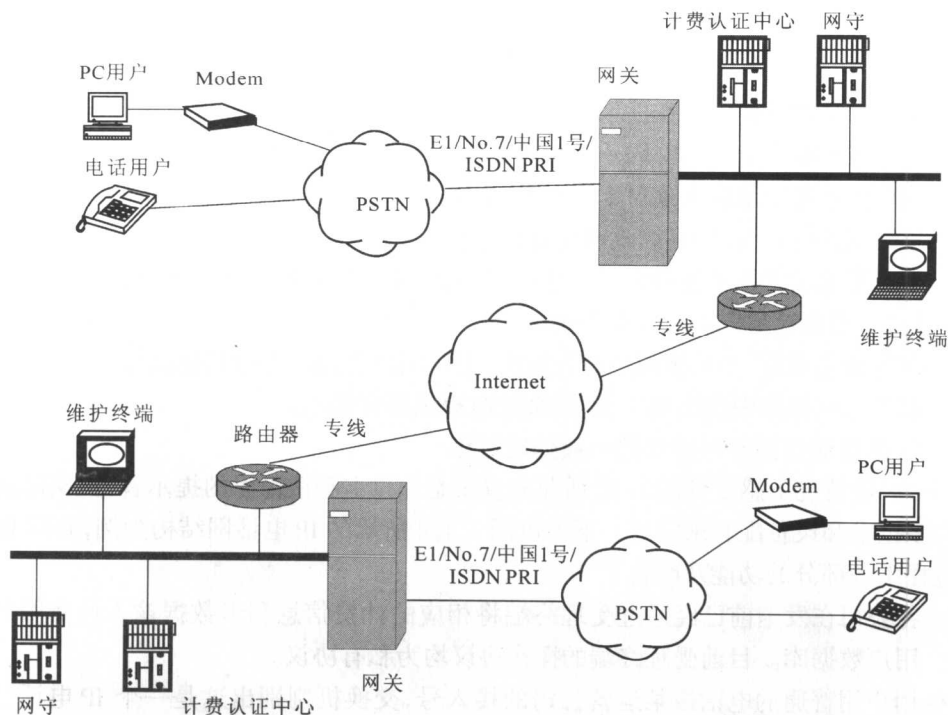


图 1.1.4 IP电话网的结构

- 网关与 PSTN/ISDN 的接口是数字中继接口,信令可采用中国 1 号、No.7 信令和 ISDN PRI(D 信道信令)。
- 网关与网守之间采用注册、许可和状态协议 RAS。
- 网守与计费认证中心之间采用授权、认证和计费的标准协议 RADIUS。
- 网关与网关之间的信令协议有呼叫控制协议 H.225.0(Q.931)和媒体通信控制协议 H.245,网关之间的音频信号采用 IP 数据包传送,音频编码可采用 G.711(64 kbit/s)、G.729A(8 kbit/s)和 G.723.1(5.3/6.3 kbit/s)。
- 网关与网守、网关与网关之间的信息都是在因特网上传送的,网络层协议采用 IP 协议,传输层协议采用 TCP[H.225.0(Q.931)、H.245]或 UDP(RAS、RTP),音频信息采用实时控制协议 RTP 封装后用数据报协议 UDP 传送。

1.1.4 IP 电话通信的一般过程

1. 用户使用 IP 电话通信的过程

目前 IP 网络中电话到电话模式的 IP 电话采用的技术主要有两种,一种是 H.323 技术,一种是 SIP 技术。国内主要采用的是基于 H.323 技术的 IP 电话系统,目前国内用户使用的 IP 电话业务,主要是各运营公司开办的预付卡业务和主叫识别业务。下面以 IP 电话预付卡业务的实现为例来说明 IP 电话的使用流程。

- 用户在使用 IP 预付卡业务时,首先要购买某一运营公司(中国电信、中国联通、中国移动公司、中国网通公司)发放的 IP 电话(预付)卡。使用过程如下:

- 用户用普通的电话用户拨该运营公司的接入号(目前一般为 179XY),交换机将该电话接入相应公司的网关,接通后网关会有语音提示用户选择提示语言。
- 用户按照录音提示选择提示语言后(一般提供普通话和英文的选择),网关发出语音提示用户输入账号和密码。
- 用户按录音提示输入预付卡上的账号和密码,经过验证后,语音提示用户输入被叫号码或进行查询余额、修改密码等操作。
- 用户按照录音提示拨被叫用户号码后会有一段等待时间,电话接通被叫后会出现回铃音,当被叫用户摘机即实现通话。
- 在通话完成后,如果被叫用户先挂机,主叫用户有选择进行其他操作的权利。
- 如果用户操作中途出现失误,则会及时提供语音提示。

2. IP 电话通信的呼叫建立的一般处理过程

用户一般情况下感受到的 IP 电话业务仅仅是预付卡和话筒里的提示音,但实际实现却需要许多技术和设备配套来完成。下面以图 1.1.4 所示的 IP 电话网结构为例,介绍 IP 电话实现过程中各部分的功能及配合。

- 各公司在发卡前已经通过受理终端将相应的计费信息和卡数据输入计费服务器和用户数据库。目前受理终端的操作协议均为私有协议。
- 用户用普通的电话拨某运营公司的接入号,交换机判别出这是一个 IP 电话二次拨号业务及该接入号所属的电信公司,通过电话网的信令建立到所属公司的 IP 电话网关的语音通路,将该话机接入 IP 电话网关。
- 网关通过语音通路向用户送提示音,要求选择语言。用户按照录音提示选择提示语言后(一般提供普通话和英文的选择),再根据语音提示输入卡号和密码。网关处理后将呼叫请求和卡号、密码等用 RAS 消息上传到网守。网守处理后将相关信息用 RADIUS 协议传送到后台计费/认证服务器。通过认证后,计费/认证服务器用 RADIUS 信息通知网守,网守用 RAS 消息通知网关。网关通过语音通路向用户送提示音,要求输入被叫号码。注意:由于用户的拨号是通过语音通路送到 IP 电话网关的,因而用户的拨号方式必须选择 DTMF 方式。
- 用户按照录音提示输入被叫号码,被叫号码通过语音通路传送到 IP 电话网关,网关处理后将被叫号码等用 RAS 消息上传到网守,请求地址解析。网守分析被叫号码,将其翻译为被叫所在网关的呼叫信令信道地址,并用 RAS 消息回送地址解析结果给主叫所在网关。
- 网关收到地址解析结果后,开始与被叫网关联系,两个网关之间路由的建立遵循一般的 IP 路由机制。两个网关之间采用 Q.931 消息进行协商建立话路。通过后,两侧网关通过电路交换网向各自用户送振铃音,此即标志话路建立。在用户通话前,双方网关还要采用 H.245 协议建立逻辑通道,并在此逻辑通道上传送语音分组。关于 Q.931 消息、H.225 协议的 RAS 消息、H.245 协议的内容将在第 4 章介绍。

3. IP 语音分组的基本处理过程

传统的电话网是以电路交换方式传输语音的,所要求的传输带宽为 64 kbit/s。而 IP 语音分组是以 IP 分组交换网络为传输平台的,需要对模拟的语音信号进行压缩、打包等一系