

通信工程丛书

二 网络电话技术

糜正琨 编著

中国通信学会主编

人民邮电出版社



通信工程丛书

IP 网络电话技术

糜正琨 编著

中国通信学会 主编·人民邮电出版社

内 容 提 要

本书系统而全面地介绍了 IP 网络电话的系统原理、协议标准、实现技术、组网方式及其未来发展动向。

全书共分 10 章。第 1 章介绍分组话音通信的发展历史和 IP 电话的技术现状。第 2 章介绍 TCP/IP 技术及其典型应用。第 3 章和第 4 章介绍 IP 电话常用的低速率话音编码原理和技术标准。第 5 章至第 7 章详细介绍 H.323 系统原理、信令协议及实现技术,包括网络 QoS 技术。第 8 章介绍 IETF 基于 SIP 的 IP 电话技术。第 9 章介绍分离网关技术和 MGCP 协议。第 10 章介绍 IP 网络电话的发展动向,包括 IP 电话和智能网的互通以及移动 IP 电话技术。

本书内容翔实、材料丰富,反映了国际上 IP 网络电话的最新进展。可供电信业和计算机业工程技术人员和管理人员阅读,也可作为高等院校相关专业的教学参考书。

通信工程丛书

IP 网络电话技术

◆ 主 编 中国通信学会

编 著 糜正琨

责任编辑 陈万寿

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京顺义向阳胶印厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:850×1168 1/32

印张:18.75

字数:491 千字

2000 年 6 月第 1 版

印数:1-5 000 册

2000 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-08469-6/TN·1590

定价:39.00 元

丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识,提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力,了解通信技术的新知识和发展趋势,以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献,我会与人民邮电出版社协作,组织编写这套“通信工程丛书”,陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应用的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发,密切结合当前通信科技工程和未来发展的需要,阐述通信各业专工程师应当掌握的专业知识,包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求,以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备,深浅适宜,条理清楚,对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材,不仅介绍有关的物理概念和基本原理,而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际;论证简明扼要,避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们,我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

前 言

100多年来,电话业务和电路交换始终是电信业的主流。20世纪后期程控交换和ISDN的出现及其普遍应用标志着电路交换技术的成熟和传统电信网络发展的巅峰。随着计算机和宽带网络技术日新月异的发展,以多媒体通信为主体的信息网络已成为世界关注的热点。尤其是因特网(Internet)的巨大成功,已使IP成为未来信息网络的支柱技术,以IP为核心的分组化和以移动通信为核心的无线化已成为电信网络演进的主流方向。基于TCP/IP的网络技术不但无可争辩地成为数据领域的主导技术,而且已开始进入电信领域,其突破口依然是电话业务。IP网络电话的成功开发和应用预示了以IP为基础的新一代信息网络的出现。

尽管目前IP网络电话的质量还不尽人意,但是作为一个重要的技术发展方向已受到业界高度重视,国际上许多标准化组织积极制订系统标准,各国厂商竞相开发相关产品,我国也已开始部署试验网络,其着眼点不仅在于IP电话应用本身,更重要的是未来IP多媒体多点通信应用。IP网络电话是一项涉及计算机网络、信令协议、数字信号处理等多个领域的综合性技术。对于电信界人士来说,IP是一项全新的技术,对于计算机界人士来说,电信业务和标准也是全新的概念,因此如有一本系统介绍IP网络电话技术和标准的专著,对业界人士一定会有所收益。这正是作者编写本书的出发点。

作者长期从事交换和电信网技术的教学和科研,尤其对网络信令有较深入的研究。近两年来一直致力于IP及其与电信网互通的研究,并直接参与ITU-T的标准制订,在这方面有了一定的心得和学术积累。在前辈和同仁们的鼓励下,作者结合近年来的科研成果,在

较短时间内编就了此书。其编写的指导思想是围绕电信业务和网络应用,用电信业内人士熟悉的语言和思维方式系统介绍 IP 电话的网络技术。本书自成体系,不但介绍 IP 电话自身内容,还尽可能简洁明了地介绍了 IP 电话系统必备的计算机网络技术和语音数字信号处理技术;不但介绍当前流行的 ITU-T 的 H.323 系统技术,还介绍了 IETF 提出的 SIP 系统技术;不但介绍成熟的技术标准,还介绍正在研究之中的体系标准和发展动向,力图给读者一个较为全面和清晰的概念。

本书第 1 章从网络演进的角度出发介绍了分组话音通信的发展历史和 IP 电话的技术现状。第 2 章介绍 IP 网络电话必须用到的计算机网络基础技术,重点是 IP、TCP 及基于 TCP/IP 的典型应用。第 3 章和第 4 章尽可能深入浅出地介绍 IP 电话中使用的低速率话音编码的原理和技术标准。第 5 章较为详细地介绍了 H.323 系统原理以及呼叫控制和媒体控制信令协议。第 6 章进一步深入讨论保证 IP 电话服务质量必需的实时传送协议和网络 QoS 技术。第 7 章结合实例介绍 IP 网络电话系统的实现技术。第 8 章以相当多的篇幅介绍 IETF 研究开发的基于 SIP 和 SDP 的 IP 电话系统技术。第 9 章专门介绍最近提出的分离网关技术及其相应的媒体网关控制协议。第 10 章则结合 ITU-T 的研究动态介绍 IP 网络电话技术的发展动向,重点为 IP 电话和智能网的互通以及移动 IP 电话技术。

由于 IP 网络电话是近年来才提出的综合性很强的一项新技术,某些标准尚未定型,尤其是大规模网络应用尚有许多技术问题需待研究,再加上作者水平有限,编写时间又较短,因此书中难免有不妥之处,企盼读者不吝指正。

在本书编写过程中,始终得到人民邮电出版社编辑部门的热忱鼓励和帮助,在此表示衷心的感谢。

作者

目 录

第 1 章 IP 网络电话概述	1
1.1 IP 网络电话发展背景	1
1.1.1 IP 网络电话的技术发展	1
1.1.2 IP 网络电话的应用特点	12
1.1.3 IP 网络电话发展概况	17
1.2 IP 网络电话关键技术	20
1.2.1 话音处理技术	20
1.2.2 IP 话音通信协议	24
1.2.3 网络管理和安全技术	25
1.2.4 终端技术	26
1.3 IP 网络电话实现方法	26
1.3.1 IP 网络电话应用结构	26
1.3.2 IP 网络电话协议	29
1.3.3 IP 网络电话结构模型和实现	32
1.4 IP 网络电话标准	34
1.4.1 ITU-T	34
1.4.2 IETF	35
1.4.3 ETSI	38
1.4.4 IMTC	38
第 2 章 IP 网络技术基础	40
2.1 计算机网络基本原理	40
2.1.1 计算机网络分类	40
2.1.2 计算机网络协议结构	44

2.1.3	Internet 拨号接入	51
2.1.4	局域网和 MAC 子层	52
2.1.5	网桥和路由器	55
2.2	互联网协议(IP)	60
2.2.1	IP 头部格式	60
2.2.2	IP 地址	64
2.2.3	域名系统	70
2.2.4	IP 选路	71
2.3	传输控制协议(TCP)	78
2.3.1	TCP 协议模型	78
2.3.2	TCP 连接过程	86
2.3.3	传输控制过程	90
2.3.4	TCP 拥塞控制	93
2.3.5	用户数据协议(UDP)	94
2.4	万维网(WWW)	95
2.4.1	基本概念和术语	95
2.4.2	URL	97
2.4.3	HTTP	99
2.4.4	HTML	102
2.4.5	CGI	105
2.4.6	Java	108
2.5	宽带 IP 网络技术	110
2.5.1	IP/ATM 重叠模型	110
2.5.2	IP/ATM 集成模型	124
2.5.3	IP over SDH	132
2.5.4	IP over WDM	133

第 3 章 语音编码技术基础

3.1	语音编码一般要求	135
-----	----------------	-----

3.1.1	比特率	135
3.1.2	时延	136
3.1.3	复杂度	138
3.1.4	话音质量	138
3.2	波形编码	139
3.2.1	一般原理	139
3.2.2	低速率波形编码技术	140
3.2.3	G.726 话音编码	148
3.2.4	波形编码标准	152
3.3	参数编码	154
3.3.1	声音形成机理	155
3.3.2	声码器类型	159
3.3.3	参数编码和波形编码的比较	161
3.3.4	参数编码标准	163
第 4 章	低比特率话音编码	166
4.1	线性预测合成分析编码原理	166
4.1.1	结构原理	166
4.1.2	功能结构改进	168
4.2	线性预测技术	169
4.2.1	帧、子帧和窗口	170
4.2.2	线性预测系数的计算	171
4.2.3	预测系数的量化和内插	173
4.2.4	误差加权滤波器	175
4.3	激励信号生成	176
4.3.1	激励信号的表示	176
4.3.2	激励信号的确定	181
4.4	后置滤波	183
4.5	G.728 声码器	185

4.5.1	G.728 编码器	185
4.5.2	G.728 解码器	187
4.5.3	同步和带内信令	189
4.6	G.729 声码器	190
4.6.1	G.729 性能特点	190
4.6.2	G.729 编码器	192
4.6.3	G.729 解码器	201
4.7	G.723.1 声码器	203
4.7.1	G.723.1 性能特点	203
4.7.2	G.723.1 编码器	204
4.7.3	G.723.1 解码器	209
第 5 章	基于 H.323 的 IP 电话技术	211
5.1	H.323 设计原则	211
5.2	H.323 协议栈结构	212
5.3	H.323 系统结构	214
5.3.1	系统结构	214
5.3.2	终端功能	217
5.3.3	网关功能	219
5.3.4	网闸功能	219
5.3.5	多点通信功能	221
5.4	RAS 协议	223
5.4.1	RAS 协议过程和消息	223
5.4.2	网闸搜索	226
5.4.3	端点登记	227
5.4.4	端点定位	228
5.4.5	呼叫接纳和退出	229
5.4.6	带宽管理	230
5.4.7	状态和资源	233

5.5	呼叫信令协议	234
5.5.1	Q.931 简介	234
5.5.2	H.225.0 呼叫信令消息	244
5.5.3	H.323 通信控制一般机理	251
5.5.4	呼叫建立信令过程	255
5.6	H.323 补充业务	267
5.6.1	补充业务描述	267
5.6.2	补充业务实现的通用机制	270
5.6.3	呼叫等待信令过程	273
5.6.4	报文等待指示信令过程	274
5.7	媒体通信控制协议(H.245)	276
5.7.1	H.245 概述	276
5.7.2	主要协议过程	283
5.7.3	快速协议机制	289
5.7.4	第三方启动暂停和重选路由	294
5.8	会议控制功能	295
5.8.1	会议通信类型	295
5.8.2	会议控制一般机理	298
5.8.3	特殊型多点会议信令过程	304
第 6 章	实时协议和网络技术	311
6.1	RTP 协议和语音封装	312
6.1.1	RTP 概述	312
6.1.2	RTP 分组头部	315
6.1.3	RTP 会话的复用	319
6.1.4	H.225.0 应用文档	319
6.1.5	音频信号的 RTP 封装	322
6.2	RTCP 概述	324
6.2.1	RTCP 概述	324

6.2.2	发送者和接收者报告	326
6.2.3	其它 RTCP 分组	332
6.2.4	RTCP 分组发送间隔	336
6.2.5	H.323 系统的 QoS	337
6.3	RSVP 协议和资源预留	338
6.3.1	综合服务 Internet	338
6.3.2	RSVP 功能原理	340
6.3.3	预留方式和聚合	343
6.3.4	预留协议和消息	346
6.3.5	H.323 系统的资源预留	353
6.4	区分服务 QoS 机制	357
6.4.1	综合服务和区分服务	357
6.4.2	服务分类方法	360
6.4.3	区分服务示例	364
6.4.4	网络资源装备和配置	366
6.4.5	H.323 系统的区分服务	369

第 7 章 H.323 电话系统实现技术 376

7.1	PSTN/IP 网络电话业务互通	376
7.1.1	信令互通	377
7.1.2	寻址	381
7.1.3	DTMF 信号的处理	383
7.1.4	媒体适配功能	384
7.2	IP 电话终端的功能要求	385
7.2.1	音频 SUD	385
7.2.2	音频 SUD 功能要求	386
7.2.3	音频 SUD 协议要求	387
7.3	网关实现技术	389
7.3.1	企业级网关	389

7.3.2	企业级网关示例	391
7.3.3	电信级网关	397
7.3.4	电信级网关示例	398
7.4	IP 电话系统组网示例	401
第 8 章	基于 SIP 的 IP 电话技术	404
8.1	概述	404
8.1.1	协议栈结构	405
8.1.2	C/S 网络结构	406
8.2	会话描述协议(SDP).....	408
8.2.1	功能概述	408
8.2.2	会话描述的一般格式	409
8.2.3	会话级描述格式	411
8.2.4	媒体级描述格式	416
8.3	会话启动协议(SIP)	419
8.3.1	功能概述	419
8.3.2	SIP URL 结构	422
8.3.3	请求消息格式和操作	424
8.3.4	响应消息格式和意义	434
8.3.5	SDP 的使用	436
8.3.6	SIP 控制流示例	439
8.3.7	呼叫控制功能扩展	444
8.4	用户代理和 SIP 服务器的功能要求	448
8.4.1	用户代理功能要求	448
8.4.2	重定向服务器功能要求	450
8.4.3	代理服务器功能要求	450
8.5	SIP 呼叫控制基本过程	451
8.5.1	代理信令过程	451
8.5.2	重定向信令过程	454

8.5.3 一般信令过程	455
8.6 SIP 和 H.323 的比较	458
第 9 章 媒体网关控制协议	462
9.1 分离网关结构	462
9.1.1 分离网关基本思想	462
9.1.2 分离网关网络结构	465
9.2 MGCP 功能特点	468
9.2.1 呼叫模型	468
9.2.2 协议结构	469
9.2.3 协议命令	470
9.3 MGCP 协议描述	472
9.3.1 端点类型和标识	472
9.3.2 呼叫和连接建立	475
9.3.3 事件和信号表示	477
9.3.4 网关控制命令	484
9.4 协议消息格式	489
9.4.1 命令头部	496
9.4.2 响应头部	493
9.4.3 协议消息传送	494
9.5 MGCP 呼叫控制流程	496
9.5.1 H.323 终端呼叫流程:多连接流程	496
9.5.2 H.323 终端呼叫流程:单连接流程	504
9.5.3 SIP 终端呼叫流程	507
9.5.4 PSTN 电话呼叫流程	508
第 10 章 IP 网络电话的增强技术	511
10.1 网闸间通信协议	511
10.1.1 系统结构	512

10.1.2	域间通信协议基本要求	514
10.1.3	边界单元的解析地址集	515
10.1.4	协议消息	517
10.1.5	地址解析过程和信令示例	521
10.2	智能网和 Internet 的互通	528
10.2.1	PINT 标志性业务和网络结构	529
10.2.2	SDP 的扩充	532
10.2.3	SIP 的扩充	537
10.2.4	标志性业务调用的 PINT 参数	539
10.2.5	PINT 消息示例	542
10.2.6	支持 PINT 业务的智能网功能结构	548
10.2.7	智能网/Internet 互通的一般结构	551
10.3	IP 网络电话移动技术	553
10.3.1	IP 电话移动性要求	553
10.3.2	H.323 移动 IP 网络	554
10.3.3	H.323 自动漫游信令过程	559
10.3.4	H.323 切换信令过程	563
附录	英文缩写词	568

第1章 IP网络电话概述

1.1 IP网络电话发展背景

1.1.1 IP网络电话的技术发展

IP网络电话泛指在以IP(Internet Protocol)为网络层协议的计算机网络中进行话音通信的系统,它采用的技术统称为VoIP(Voice over IP),即IP上传送话音。由于计算机网络采用的都是分组交换技术,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,VoIP属于分组话音通信的范畴。从技术上说,IP网络电话则是以IP为标志的网络分组化和以多媒体为目标的网络业务综合化两大主流技术融合的结果。

1. 分组通信技术的发展

众所周知,在通信网上有三大交换技术:电路交换、报文交换和分组交换。历史最为悠久、目前广泛应用于公众电话网(PSTN)的就是电路交换技术,它的基本特点是为通话双方固定分配一条具有固定带宽的通信电路,在数字网中电路带宽为64kbit/s。一次通信包括三个过程:建立电路、通话和释放电路,其中电路建立和释放需要信令的支持。通常将基于电路交换技术的通信网称为电路交换网(SCN-Switched Circuit Network),它包括模拟和数字的固定电话网和移动电话网。SCN的特点是可以保证为用户提供足够的带宽,从而确保低时延、低失真的实时通信服务质量(QoS)。其缺点是网络带宽利

用率不高,无论用户是否处于讲话状态,分配的电路始终被占用。根据统计,在正常通话情况下,大约只有 40% 的时间为有声期,其余时间电路均被空占。

这一问题对于数据通信来说尤为严重,因为数据通信具有和话音通信完全不同的特性和要求。首先,数据通信具有很强的突发性,表现为在短时间内会集中产生大量的信息。突发性的定量描述为峰值比特率和平均比特率之比,对于一般的数据传输,突发性可高达 50;对于文件检索和传送,突发性也可达 20。如果采用电路交换,若按峰值速率分配电路带宽,则会造成资源的严重浪费,若按平均速率分配带宽,则会造成大量数据丢失。其次,在数据通信中,大量的数据终端为计算机,计算机型号繁多,速率相差很大,而电路交换只能定义若干种标准带宽的电路,因此很难用有限类型的电路将不同类型和速率的数据终端有效地连接起来。另外,数据通信的基本要求是数据无差错地传送到对端用户,而对于传送时延则无严格的要求,因此没有必要为通信双方事先分配一条独占的电路,而可根据用户的要求和网络可提供的带宽,动态分配带宽,将突发数据按选定的路径逐个节点地接力前传,数据在每个节点允许暂存。这就是分组交换的基本思想。

分组交换技术的两大要素,一是采用长度受限、结构统一的分组作为数据传输的基本单位。每个分组的头部带有地址、序号、校验码等信息,供节点作检错校错、排队、选路等处理,数据部分则透明传送。二是采用存储转发机制。每个节点首先将前一节点送来的分组收下来,暂存在缓冲区,然后根据分组头部中的地址信息选择适当的链路将其发送至下一节点。由此可见,同一链路在不同时刻可以传送不同通信会话的数据,称之为网络资源的统计复用,这是分组交换和电路交换的最大不同之处。

分组交换的概念由美国兰德(RAND)公司的 P. Baran 于 1964 年首次提出,“分组”这一名词由英国国家物理实验室(NPL)的 D. Davies 于 1966 年首次提出,而世界上第一个采用分组交换技术的实用系统