

VoIP: IP 语音技术

VOICE OVER IP

(美) Uyless Black 著

温 斌 李亦农 等译

吴善培 审校



机械工业出版社
China Machine Press

Prentice Hall PTR

IP网络技术丛书

VoIP: IP 语音技术

(美) Uyless Black 著

温 斌 李亦农 等译

吴善培 审校



机械工业出版社
China Machine Press

本书描述了因特网和IP的主要特征,包括包丢失和时延抖动,并让读者了解数字信号处理器(DSP)和语音编码器在VoIP中所扮演的角色。本书还为读者讲述了如何通过ISDN、xDSL、HFC本地环路或其他途径建立与业务提供商之间的通路,以及目前主要的IP电话协议。

本书的覆盖范围包括:VoIP的全面解决方案;VoIP网关和网闸的作用;7号信令(SS7)和IP、H.323的网间互通;支持VoIP组播的协议(IGMP和MBONE),带宽预留协议(RSVP、RTP、RTCP)及安全业务。本书是一本中、高级教科书,无论你是在对VoIP技术进行评估还是正在使用VoIP技术,本书都可以将你所需要深入理解的信息传送给你,就如一位世界级的专家在你的身边。

Ulyess Black: VOICE OVER IP.

Authorized translation from the English language edition published by Prentice Hall.

Copyright © 2000 by Prentice Hall PTR.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2000 by China Machine Press.

本书中文简体字版由美国Prentice Hall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:01-1999-3455

图书在版编目(CIP)数据

VoIP: IP语音技术/(美)布莱克(Black, U.)著:温斌等译.-北京:机械工业出版社, 2000.5

(IP网络技术丛书)

书名原文: VOICE OVER IP

ISBN 7-111-07991-4

I.V... II.①布... ②温... III.计算机网络-通信协议 IV.TN915.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第19884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:瞿静华

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000年5月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·13印张

印数:0 001-8 000册

定价:28.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页、由本社发行部调换

前 言

本书集中讲述了因特网和专用互连网中支持语音业务的技术。该项技术涉及的内容广泛，这里只能概要介绍各主题，以便作为系统设计人员可以参考的有关IP电话的规范和标准。

本书是一本中、高级教科书。因此，读者必须具备语音和数据通信以及IP协议的基本知识。尽管如此，我还是在本书的有关部分为初学者提供了若干辅导材料。有经验的读者可以不阅读这些内容。

希望本书能带给您有益的帮助。

致读者

在写过好几本关于数据和语音通信的书后，作者常常面对这样一个问题：在丛书系列中应该有多少重复部分？如果没有什么重复部分，读者必须购买丛书中的其他书来填补这个空白；而如果重复部分太多，已经买了该丛书中其他书目的读者可能会觉得上当受骗，花了额外的钱获取的信息却都一样。

我的处理方法是在上述两种极端情况之间寻求折衷。如果丛书中另外一本书包含本书相关主题的内容，但这些内容对阅读本书并不是必需的，则把这些内容作为参考文献处理。然而，都这样做是不可能的。因此有时又有必要包含丛书中其他书的一些内容。否则，本书就会变成一本对其他书支离破碎的引用。对本书我采用了这种折衷的办法，我认为这是解决这一问题的最佳方法。

为了有助于实现上述的折衷方案，在本书中包括了四个附录，这些附录的内容都是从我写的其他几本书中抽出来的。电话信令基本知识、V.34调制解调器、ISDN、7号信令会对读者理解本书的有关章节提供非常有用的帮助。本书后面的附录中介绍了这四方面内容。此外，附录中还介绍了V.90调制解调器。

对消息和协议流的说明

本书只对当前的VoIP技术做概要性介绍（尽管是较详细的概要介绍）。支持VoIP需要大量的VoIP控制信息和协议，世界上的标准化组织和因特网任务组定义了几百条消息、几十种协议流。这些消息和协议流在VoIP网关、呼叫代理和用户终端之间交互。本书无意解释每条消息的内容和每个协议流，那样只是对VoIP建议的重述。我只是简要介绍了这些消息和协议，并精选了一些例子。从这个意义上说，本书是一本方便的教程和参考工具，从本书出发，只要你愿意，你可以找到更多的信息。

讨论中的因特网草案

本书相当大的一部分用于解释基于因特网的和分组电话技术有关的规范。本来我准备等段时间后再写这些规范，但是应读者和出版商的要求我提前写了这些内容。确实有些厂商已经写出了基于这些规范的代码，尽管这些规范还没有最终确定。

必须注意，这些因特网草案正在讨论中，还需要加以审查。因此，你在使用这些草案时，要估计到它们的变化。然而，作为通用教程，书中介绍的这些草案可视为“最终文本”，对它们的解释是有充分根据的。

对所有的因特网标准和草案，请参阅下面的版权信息：

Copyright© The Internet Society (1998). All Rights Reserved.

如果将上面的版权标志和本段文字加在您的复制版或派生文档中，那么该文档及其翻译版可以复制和用于其他场合，而且对该文档的评论、解释或对其实现的支持可以全部或部分完全不受限制地复制、发布和出版。然而不允许对原文档进行任何更改，例如，去掉版权信息或对因特网协会和其他因特网组织的引用。但是以下情况除外，开发因特网标准时，必须还加上在因特网标准中规定的版权信息，或者翻译成其他非英语文字时。

上述限制永远有效，不会被因特网协会或它的后继机构所废除。

致谢

在这里我想向帮助本书得以出版的四个单位表示感谢。

首先，Mier通信公司提供了两项关于VoIP产品的研究报告，这些内容列在第8章。非常感谢Mier的出色工作。其次，Nortel公司向我提供了关于他们的1-Meg调制解调器和高级IP技术的一些宝贵信息。这些内容在好几章中都可以找到。第三，英国电信（BT）在编解码器方面给了我很大帮助。最后，有好几个因特网工作组向我提供了关于目前VoIP协议的许多信息。

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 因特网电话和分组语音	1
1.2 为何热衷于因特网电话	1
1.2.1 商业考虑	1
1.2.2 IP的普遍存在	3
1.2.3 技术的成熟	4
1.2.4 向数据网转移	4
1.3 为什么用IP传送电话业务	5
1.4 成功使用IP电话技术的障碍	5
1.5 在因特网和专用互连网中的VoIP	5
1.6 问题不在于是否, 而是如何	6
1.7 VoIP的配置选择	6
1.8 专用VoIP网	8
1.9 下一步	9
1.10 基于IP的呼叫中心和电子商务	10
1.11 配置和拓扑结构选择	12
1.12 基本术语和概念	13
1.13 因特网的特性	14
1.14 因特网的分层结构	14
1.15 对分组语音中有关因素的评估	15
1.16 在网络中容纳语音和数据的条件	16
1.16.1 错误容限	16
1.16.2 时延容限	16
1.16.3 可变比特率和恒定特率的容限	17
1.16.4 语音、视频和数据	
应用要求的实例	17
1.17 让因特网更像电话网	19
1.18 小结	19
第2章 因特网和IP的特性	20
2.1 因特网的体系结构	20
2.2 ISP和电话网络	21
2.3 因特网的性质	21
2.4 分组丢失	22

2.4.1 数据包的到达顺序	22
2.4.2 跳距	23
2.5 需要固定路由吗	24
2.6 数据包的大小及IP所支持的业务种类	24
2.7 IP概貌	26
2.8 TCP和UDP	29
2.8.1 端口的概念	30
2.8.2 TCP业务管理	31
2.8.3 UDP协议	31
2.9 小结	31
第3章 数字信号处理器	33
3.1 数字信号处理器在分组语音中的作用	33
3.2 DSP和定制硬件	35
3.3 定点和浮点处理器	35
3.4 内存结构	36
3.5 软件差异	37
3.6 快速傅立叶变换	37
3.7 信号滤波器和有限脉冲响应滤波器	37
3.8 性能预测	38
3.9 另外一个DSP代码的例子	39
3.10 新进展	40
3.11 小结	40
第4章 语音编码器	41
4.1 语音编码器的功能	41
4.2 语音编码器的分类	41
4.3 线性预测合成分析编码器	42
4.3.1 前向自适应LPAS编码器: 8 kbps G.729编码器和6.3 kbps 与5.3 kbps G.723.1编码器	43
4.3.2 后向自适应LPAS编码: 16 kbps G.728低时延码激励线性预测	44
4.4 参数语音编码器: 2.4 kbps 混合激励线性预测编码	44
4.5 编码器评价	45

4.6 语音编码器的比较	46	第7章 对前面各章的总结	70
4.7 小结	46	7.1 从另一个角度看VoIP的分层结构	70
第5章 通过本地环路连接到服务提供商	47	7.2 VoIP业务的交换步骤	70
5.1 因特网用户和因特网之间的通路	47	7.3 从另一个角度看VoIP的协议族	71
5.2 本地环路带宽问题	48	7.4 VoIP通道	72
5.3 终止调制解调器的模拟信号	49	7.5 过重的处理开销	73
5.4 替代基于调制解调器的本地环路接入的各种方案	50	7.6 小结	74
5.5 综合业务数字网	50	第8章 性能考虑	75
5.5.1 ISDN承载业务	50	8.1 分组尺寸、缓冲区大小、分组丢失以及分组等待时间	75
5.5.2 ISDN能解决本地环路的瓶颈问题吗	51	8.2 专用系统中VoIP的性能	76
5.6 数字用户线技术的作用	51	8.3 公用系统中VoIP的性能	83
5.6.1 发展中的ADSL技术	52	8.4 小结	86
5.6.2 DSL的应用状况	54	第9章 VoIP网关与网闸	87
5.7 混合光纤同轴技术	54	9.1 网关/网闸模型	87
5.8 专用高速方案	55	9.2 H.323规范	88
5.9 用旁路电路交换技术连接到因特网	56	9.3 H.323的体系结构	88
5.10 小结	56	9.3.1 H.323终端	89
第6章 调制解调器、LAPM、PPP和V.100系列	57	9.3.2 H.323网关	89
6.1 VoIP分层结构的进一步解释	57	9.3.3 多点控制单元	89
6.2 常用的调制解调器	58	9.3.4 H.323网闸	90
6.3 DSP在调制解调器操作中的作用	58	9.4 对编解码器的要求	90
6.4 典型格局	58	9.4.1 语音编解码器	90
6.5 V.24	58	9.4.2 视频编解码器	91
6.6 EIA-232接口	59	9.4.3 音频混合	91
6.7 调制解调器典型格局	61	9.5 H.323协议堆栈	91
6.8 点到点协议的作用	61	9.6 注册、许可和状态操作	91
6.9 用户和ISP链路上的协议数据单元	62	9.6.1 网闸发现程序	91
6.10 V系列调制解调器	62	9.6.2 终端节点注册程序	94
6.11 56 kbps调制解调器	63	9.6.3 许可程序	96
6.12 关于ISDN接口的V.110和V.120建议	64	9.7 其他RAS过程	99
6.12.1 V.100	65	9.7.1 终端网闸请求更改带宽	99
6.12.2 V.110	65	9.7.2 位置请求	99
6.12.3 RA帧	66	9.7.3 脱离过程	99
6.12.4 V.110握手协议	67	9.7.4 状态请求过程	100
6.12.5 V.120	68	9.8 关于H.323和H.225.0的一些说明	100
6.13 小结	69	9.9 T.120	100
		9.10 H.245	100
		9.11 H.324	101

9.12 H.323总结	102	11.1 IGMP 和 MBONE	128
9.13 媒体网关控制协议	102	11.2 RSVP	129
9.14 其他的协议	103	11.2.1 路径操作	130
9.15 呼叫代理和呼叫	104	11.2.2 预留操作	130
9.16 与H.323的关系	104	11.2.3 预留消息	130
9.17 端点、连接、呼叫、事件、 分组和名称	105	11.2.4 RSVP消息功能的总结	132
9.18 连接模式	106	11.2.5 端口规则	134
9.19 MGCP命令: 用于API和消息	107	11.3 RTP	134
9.19.1 没有初始绑定/配置操作	108	11.4 RTCP	137
9.19.2 API和消息信息之间的相似与不同	108	11.5 网络时间协议	140
9.20 MGCP参数	108	11.6 安全业务	140
9.21 API命令极其相关参数	109	11.6.1 IP安全隧道	141
9.21.1 NotificationRequest	109	11.6.2 防火墙	142
9.21.2 Notify	110	11.6.3 RADIUS	142
9.21.3 CreateConnection	110	11.7 DIAMETER	144
9.21.4 ModifyConnection	111	11.8 IPDC	146
9.21.5 呼叫代理发出的DeleteConnection	111	11.9 DIFFSERV	147
9.21.6 由网关发出的DeleteConnection	112	11.10 标号交换协议	150
9.21.7 AuditEndPoint	112	11.11 小结	150
9.21.8 AuditConnection	113	第12章 其他方式的分组语音	151
9.21.9 RestartInProgress	113	12.1 帧中继语音网络技术	151
9.22 MGCP消息及相关参数	113	12.1.1 PVC分片	151
9.23 消息及消息参数	114	12.1.2 分片操作	153
9.24 MGCP操作举例	115	12.2 业务复用	153
9.25 小结	118	12.3 VoFR	154
第10章 SS7和IP及H.323进行网络互连	119	12.3.1 数字拨号服务	155
10.1 为什么结合IP和SS7	119	12.3.2 传真传输	156
10.2 可能采用的结构	119	12.3.3 VoFR封装	157
10.3 基础框架和Internet规范	120	12.4 ATM语音网络技术	158
10.4 利用SS7的能力	121	12.5 VoFR和VoATM是VoIP的伙伴还是 竞争者	160
10.5 SS7-IP的结构框架	121	12.5.1 谁位于用户工作站上	160
10.6 可靠信令网关协议	122	12.5.2 谁位于骨干网上	160
10.7 消息和Q.931映射	122	12.6 第三层交换	161
10.8 RSGP操作举例	123	12.7 小结	161
10.9 SS7和H.323协同工作	126	附录A 电话信令	162
10.10 对适配层的建议	127	附录B ISDN和SS7	172
10.11 小结	127	附录C V.34和V.90调制解调器指南	182
第11章 其他支持VoIP的协议	128	术语表	191

第1章 绪 论

本章向读者介绍因特网协议 (Internet Protocol, IP)、IP语音技术 (voice over IP, VoIP)、语音打包 (packetized voice)、以及因特网电话 (Internet telephony)的基本知识。本章包含以下几节, 第一节向读者阐述为什么VoIP如此受业界青睐。第二节介绍VoIP的几种常见的配置。第三节则对几个与IP分组网有关的基本概念和术语作出简要的解释, 例如Internet和internets。随后对支持因特网中分组语音的几个关键因素加以评述。

1.1 因特网电话和分组语音

VoIP是指以分组的形式传送语音数据^①。在本书中, 如果未加声明, 因特网电话、IP电话 (IP telephony)、语音打包、分组语音 (packet-voice) 以及IP语音技术等术语具有相同的含义。

1.2 为何热衷于因特网电话

一些人认为IP电话是一项很实用的技术, 然而另外一些人却认为它只不过是一种新鲜事物。持后一种观点的人都曾在公众因特网上打过电话。在大多数情况下, 他们对语音质量和因特网支持语音业务的能力都表示不满。

既然因特网支持语音业务的能力相当差, 那么为什么还受到通信业如此的青睐呢? 这主要有四方面的原因。下面将按下列次序对这四个原因展开讨论。

1) 商业考虑:

(a) 语音和数据综合。

(b) 带宽合并。

(c) 价格因素。

2) IP的普遍存在。

3) 技术的成熟。

4) 向数据网转移的趋势。

1.2.1 商业考虑

促使制订IP协议族和开发相关设备支持电话业务的第一个原因是日趋激烈的商业竞争形势。这种形势可以归结为以下三点推断。

1. 语音和数据综合

首先, 大多数应用软件都在不可避免地发展, 这就要求Web服务器必须具有与用户进行数据、语音和视频图像交互的能力, 而这势必要求语音和数据业务相融合。只进行带有静态图像的文本交互已不能满足用户的需要。

^① 对于初学者, 分组可以理解为附加在路由字段后面的一小段数据。分组长度、持续时间都是可变的, 而且长度通常为几个字节。这种分组和电话网中的电路交换数据不同, 电路交换数据的长度和持续时间都是固定的。

2. 带宽合并

下面两个推断都是基于第一点得出的。第二个推断是语音和数据综合可使带宽合并，而带宽合并使得数据信道的利用率得到提高。传统的电话技术，语音独占以时隙划分的信道（如信道组、数据业务单元DSU等），这不是支持数据应用的有效技术。

要克服这一缺陷，首先想到的就是不再使用电话中严格的时分复用（Time Division Multiplexing, TDM）机制。在电话交谈中一般有相当长的静音期（即电话用户在交谈中停下来思考的时间，及轮流讲话中间的停顿时间等），在过去的电话通信机制中即使是这段用户不讲话的时间也要占用带宽，而如果使用新的统计时分复用（Statistical TDM, STDM）的数据通信机制则可以更加有效地使用宝贵的带宽资源。STDM方式使得只有在用户需要时才占用带宽资源，当这个用户不讲话时，空闲的带宽资源可以为其他用户所用。

一般交谈中都有50%的静音期（至少大多数交谈都是这样的），从这里就可以看出电话的时分复用方式有多么浪费带宽。基于TDM方式构筑的电话网必须占用带宽来承载大量的静音期业务，而数据通信网就无需如此。而且，语音中存在的20%左右的冗余还可以通过压缩算法消除，传统的TDM方式没有利用这一优势。

而且，利用先进的模拟-数字转换技术，一条高质量的语音信道只需运行在4.8kbps~8kbps，而目前使用的TDM电话信道都运行在64kbps。将来，分组语音速率还有望进一步下降，假设压缩后的语音速率为8kbps，那么消耗的带宽的是原来的1/8。还有其他因素会进一步加大这一差距，这些因素在后面也将加以讨论。

3. 价格因素

第三个推断是基于所谓“资费套利”（tariff arbitrage）的概念。这个术语意味着绕过公用交换电话网，而使用因特网的骨干网进行长途业务。这样可以避免长途通信在电话网上的高额收费，因为使用因特网的成本低并且可以完成相同的业务。

有人认为，如果美国联邦通信委员会（Federal Communications Commission, FCC）取消对因特网服务提供商（Internet Service Provider, ISP）中的增值服务提供商（Enhanced Service Provider, ESP）地位的授权，VoIP将不再具有吸引力。ESP地位是指ISP无需向电话公司支付本地接入费就可以使用本地接入设备。毫无疑问，因为接入费是长途通信中最贵的一部分，所以ESP授权使得ISP在争取语音客户方面获得了极大的优势。表1-1是Merrill Lynch进行的一项调查，参见[STUC98]^①。这一调查表明每分钟长途通信的成本中接入费用约占50%。其他主要成本还有销售、日常管理以及网络运营费用（包括设备、人员、软件等）。

表1-1 长途电话的成本和利润结构[STUC98]

	每分钟成本（美元）	费用比例(%)	成本比例(%)
平均费率	.140	100.0	-
接入费用	.050	35.75	45.5
网络运营费用	.015	10.7	13.6
折旧费	.010	7.1	9.1
销售和日常管理费用	.035	25.0	31.8
总成本	.110	78.6	100.0
净利润	.030	21.45	

① [STUC98] Stuck, Bart and Weingarten, Michanel, "an Carriers Make Money on IP Telephony?", Business Communications Review, August, 1998.

研究表明（从常识也可以看出）取消ESP地位必将在很大程度上拓宽竞争空间，如果这种情况真的出现，必将减少对VoIP的大肆宣传。但是，即使没有ESP的优惠条件，传统电路交换电话在成本上也无法和基于分组交换的电话竞争。其原因就是前面提到的带宽合并和语音压缩技术。

一些认为分组语音优于电路交换语音的研究还引用了具体数字，表明在成本上分组语音只是电路语音的1/4或1/3。有些人认为这一数字是保守的。Level 3公司的首席执行官James Crowe曾说 VoIP的成本只是电路交换电话成本的1/27。

有人对TDM电路交换电话和STDM分组交换数据传输的成本性能进行了比较[SCHM98]^①，图1-1描述了从这一研究得出的事实和预测。图中比较了这两种交换的吞吐量提高的速率，单位是每美元比特率（bit/s per dollar）。该项研究确认分组交换是一种在成本上更有效的传输方

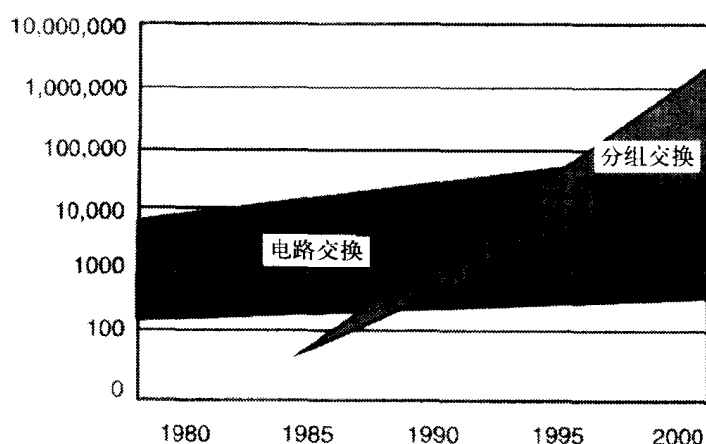


图1-1 成本性能：Bit/s per dollar [SCHM98]

式，而且两种交换方式之间的差距还将加大。电路交换业务运营商已经意识到了这一点，他们正准备用STDM分组交换技术取代原来的TDM电路交换。异步转移模式(ATM)是在这一技术换代中的领先技术。

4. 不同意见

并不是所有业内人士都同意刚才引用的研究结果。其中一种最激烈的反对意见来自Jerry Lucas [LUCA98]^②。Lucas博士描述了他所认为的关于这个问题的十个荒诞之处。第一个就是我们刚才讨论过的成本问题，而且我们也知道给予ISP们的优惠条件确实是一个问题。但是Lucas博士提出的其他荒诞之处就有些站不住脚了。例如他提到的IP网络更健壮可靠，IP电话交换标准已经就绪，IP over xDSL已准备好大量使用。然而据我了解任何有常识的人都不曾下这些结论，大多数商业刊物也没有得出这种结论。

1.2.2 IP的普遍存在

使用IP电话的第二个原因是IP及其相关协议在用户和网络设备中已经大量存在。关键一点是IP已经占领了大量的用户终端设备（那些潜在的有竞争力的技术如ATM、帧中继，现在还只用于用户网络接口UNI）。图1-2表明了这些技术所处的位置（分组交换在这里泛指帧中继

^① [SCHM98]. Schmelling, Sarah and Vittore, Vince. "Evolution or Revolution," Telephony, November 16, 1998

^② [LUCA98]. Lucas, Jerry, "IP Myth vs. Reality," Telestrategies, September/October, 1998.

或ATM)。



图1-2 IP、ATM和帧中继的位置

毫无疑问，许多现存技术还没有应用到用户终端设备，这使得大量存在于用户的个人计算机和工作站上的IP具有了决定性的优势。IP的这一“地位”使它成为处理语音业务的理想平台。

现在已经有许多人利用PC机来帮助他们完成电话呼叫。不久的将来，基于计算机的电话就会变得很普遍，并成为现有电话系统的自然扩展。而且，IP既可以用于广域网也可以用于局域网，而帧中继则只能用于广域网。关于VoIP、帧中继和ATM的问题将会在第12章阐述。

1.2.3 技术的成熟

技术的成熟是发展IP电话的第三个主要原因，成熟的技术使IP电话切实可行。第3章将要谈到的数字信号处理器（digital signal processors, DSP）的大规模使用支持了这些技术。DSP可以用于语音编解码器及高速调制解调器。数字信号处理器特定的操作指令及其高速性能为几年前还难以想象的技术应用提供了强大的支持。现在DSP已可以大规模生产而且价格相对便宜，已经大量用于消费电子产品中，甚至你的PC机新型鼠标中可能就有一片DSP。

应用：下一次革命。技术成熟的另一方面（这也许是所期望的成熟）是用户应用的复杂性不断增加。用户不再满足于使用只有检索和文本显示功能的浏览器。越来越多的人愿意使用同时支持三维图像、实时语音、全动态视频以及数据的产品。

事实上，无论对IP电话持怀疑态度的人怎么说，我们正在见证的3项关键技术的成熟将有力地推动信息技术革命。这就是：

- (a) 通信信道容量不断增加。
- (b) 计算机CPU处理能力不断增强。
- (c) 具有人工智能的可重用即插即用软件代码技术的出现。

这些成熟技术的结合将为新一代用户界面友好的应用打下坚实的基础。在今后的几年内你将会在浏览器软件包中看到这些技术上的重大变革所产生的结果^①。

今天我们面临的挑战不是提供带宽和计算能力，真正的挑战来自于管理、检索、以及在几毫秒时间内显示存储于遍布全球的数据库中的内容。这些信息可能分别存储在上千个地方，由数十亿字节构成，而且大部分又是支离破碎、互不相关。在最近的一次演讲中我曾经说过“在当今社会，知识就是力量，但你要知道信息存储在什么地方。”在这里我还要补充一点，“你还要知道如何检索和显示这些信息”。

1.2.4 向数据网转移

最后，确保VoIP和其他数据网成功的第四个重要原因就是眼前的事实：整个世界正在经历一次从电路交换网向分组交换网（即数据网）的转变。市场预测估计到2005年数据网和电

^① 这一预测是基于以下假设的，即这些性能的增强会由本地环路汇及用户端接设备，而不仅仅局限在网络内部。

路交换网络的市场份额之比将是80%比20%。

1.3 为什么用IP传送电话业务

但是，为什么要用IP传送电话业务呢？为什么不使用Appletalk、IBM的系统网络体系结构（SNA）或是其他协议呢？IP协议被选做因特网电话的协议是因为它已经“在那儿”了，就像登山者常说的一句话“在那儿”。实际上是因为IP是用来传输数据业务的，它并不是语音业务的理想协议。然而IP协议大量存在于PC机、服务器、工作站，这使它顺理成章地成为支持电话业务的一个方便的平台。

其实IP仅是全部技术的一部分。如果有人说“我正在使用IP电话”，这并不意味着只是将语音信号打成IP包（更确切地说是IP数据报，在本书中为了和业界的说法一致，两个术语都用到了）。VoIP平台是一个包含许多技术和协议的集合。本书会将这些技术一一介绍给你。这里提前扼要讲几点：VoIP本身并不能有效地传送语音，它必须和实时协议(Real Time Protocol, RTP)、媒体网关控制协议(Media Gateway Control Protocol, MGCP)、资源预留协议(Resource Reservation Protocol, RSVP)、H.323以及其他协议一起才能为用户提供一个“VoIP平台”。而且，在还没有融入诸如主叫用户识别、呼叫转移等电话业务特征前，IP电话还不能大规模使用。

1.4 成功使用IP电话技术的障碍

许多人认为刚才提到的原因促使了IP电话（以及在其他数据网上传送语音）的产生。然而大规模使用IP电话并不是一件容易的事。主要原因是因为IP协议族（及其他数据网）并不是为像语音这样的同步、实时业务所设计的。除此之外，IP网络上的包丢失以及时延的大小及其抖动都会对语音和视频传输产生不利影响。

时延抖动对语音来说是一个很麻烦的问题。它使接收设备还原语音变得很复杂。而且，说话者和收话者之间语音信号的时延可能非常大，这会导致信息丢失（因为迟到的样点已经不能为数模转换器所用）。

在公众因特网另一个需要考虑的因素是它具有“不合作的特征”。因特网是不同网络 and 不同业务提供者的一个结合体，他们以一种进化和分段的方式结合在一起。不像电话网，因特网中没有一个电信部门（如邮电部、Bell公司）来定义网络的行为，例如保证电话呼叫所需的带宽。事实上因特网根本就不保证带宽，它不能保证用户所需的带宽。有时你可以得到所需服务，有时又不能（平均来看，你会得到你所支付的那部分……）。

还有些人认为，因特网无连接的特性也会妨碍对语音业务的有效支持。他们指出，面向连接的电话网络的结构可以对用户的业务作出预测和限制。在某种程度上我也同意这一点，毫无疑问无连接网络确实对于支持同步语音业务是一个极大的挑战。但是，如果使用优先级调度、高层的资源预留和源端路由（即固定路由）等策略对因特网进行配置，可以有效地仿真面向连接技术的许多特征。所以我认为关于无连接的争论没有多大价值。

1.5 在因特网和专用互连网中的VoIP

从技术的角度来看，在专用互连网内传送同步业务面临着和公众因特网一样的困难。然而，公众因特网和专用互连网上的IP电话有一个很大的区别：专用互连网可能更“合作”一些。专用互连网比公众因特网更容易调整。因此，至少在当前，与公众因特网相比，它对IP

电话提供了更好的支持。但我相信最终公用因特网会提供高质量的长途电话业务。

1.6 问题不在于是否，而是如何

尽管从总体上看，公众因特网和数据网在传送语音业务上都有“不合作特征”，但问题不在于是否要实现IP电话，而是如何实现。围绕这一问题有许多内容，这里先看一看其中的四个问题，后面还会详细解释。

第一，让我们看一看要实现IP电话，目前的电话网要做些什么变动？这是一个很重要的问题，因为VoIP系统必须能够和目前的电话网互通。电话网的关键部分，7号信令系统将要去掉吗？不，它将与IP网互通，这样才能保证VoIP用户可以获得和今天基于7号信令系统的电话用户一样的业务，如呼叫保持、主叫用户识别等。

第二，话机和PBX要做变动吗？他们仍将存在，但将来一定会从电路交换技术的设备演变为基于分组交换技术的设备。目前，已经有十多家供应商提供基于IP的PBX，但这些交换机的性能有限。

第三，用哪种承载业务支持VoIP呢？待会儿，我们会看到IP运行于传统分层模型中的第三层上。那么低层上有些什么呢？第二层上是帧中继、以太网还是ATM？第一层是SONET还是波分复用(WDM)？最可能的是，VoIP将综合上面的所有技术。

第四，上层又采用什么协议呢？是实时协议(RTP)、差别业务(DiffServ)、资源预留协议(RSVP)、媒体网关控制协议(MGCP)还是其他协议呢？目前还没有确切答案，最可能的仍是综合使用上面所有的协议，甚至更多协议。

上面只是与VoIP有关的许多问题中的四个。为实现一个统一的、低成本的而且有效的VoIP基础设施还有许多工作要做，现在这一基础设施正处在建设之中。事物的发展变化是如此之快，也许当这本书出版的时候，许多问题已经解决了。

无需怀疑VoIP的未来，它将继续成长。当它与电话业务综合到一起的时候，它就找到了自己合适的位置。

1.7 VoIP的配置选择

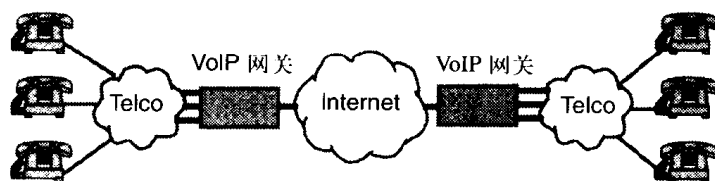
前面，我们已经围绕VoIP讨论了一些问题。现在，让我们讨论几种VoIP的配置和拓扑结构。有好几种配置选择可以支持VoIP运行，图1-3是其中的5种。在图1-3(a)中，仍然使用传统的话机和电话网络(telco)。VoIP网关提供语音/数据转换功能。在发送端，网关使用低速率声码器和其他特殊软硬件对语音进行编码、压缩，然后封装成数据包(IP数据报)。这种结构支持传统电话网业务(telco中心局将信号编码为64kbps的DS0数字信号)，并使用语音编码器把DS0信号压缩成6~8kbps的telco信号。在接收端的VoIP网关完成与上述相反的操作。网关将低速率的语音信号转换为DS0信号，然后在这些信号到达用户话机之前又将其转换为传统的模拟信号。

这里的网关是n:1网关，它接受n条电话连接并将他们转换为IP数据报，复用到一条因特网或内联网(intranet)链路^①。第9章还会详细讨论这种网关，我们将会看到它能够传送高质量的语音业务。这种配置的局限性不在于网关内部，而在于因特网如何高效地将信息传递给接收

^① 本书的约定：术语Internet（开头字母I大写）表示公众因特网。而internet（开头字母i小写），及intranet是指使用IP协议族的专用网。

网关。

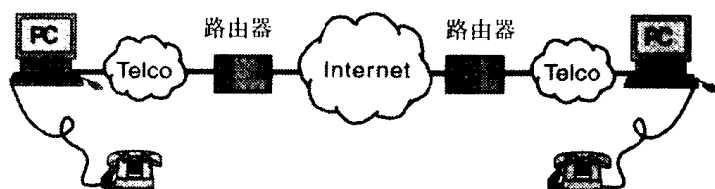
图1-3(b)的结构配置使用个人计算机(PC)和路由器。这种情况下,编码、压缩和封装都由个人计算机完成。路由器的工作是检查数据报中的IP地址并据此完成选路。路由器对所有数据报一视同仁,它并不知道数据报中的哪些比特代表语音。



(a) 用N:1网关连接电话



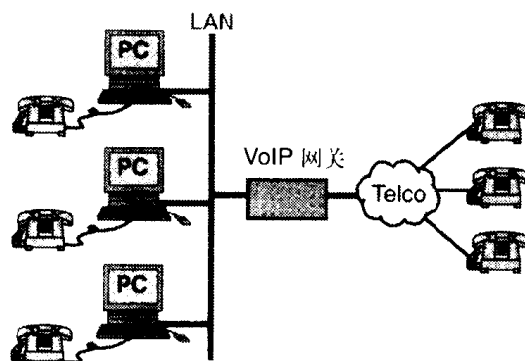
(b) 用路由器连接PC



(c) 电话机到PC的连接



(d) 用1:1网关连接



(e) PC到电话的呼叫

图1-3 VoIP配置

这种配置结构将成为能够传送高质量语音的架构。但目前,它还不是最优的实现方法。首先,PC中通用的处理器并不能像VoIP网关那样有效地进行语音编码(A/D变换)和解码(D/A变换)。其次,这种实现方法需要使用PC上的麦克风来拾取语音信号,这就不可避免地

混入噪声。当然,这种噪声可以利用语音编码器的消除背景噪声的功能去除,但是当前的PC机还不支持这种尖端技术。经过一定时间,普通PC将具有高效支持这一配置的能力,而且PC上一些最新的声卡产品正在朝这一方向努力,第3章将会讨论这个课题。

图1-3(c)描述的结构可以有效地去除图1-3(b)中的背景噪声,它用电话机代替了开放式的麦克风。与图1-3(b)的结构类似,计算机仍然完成编码和解码等工作。

实现VoIP的一种更简单且低成本的方法是图1-3(d)所示的1:1 VoIP网关方式。这意味着一个网关只支持一条语音连接。这种网关可以放置在电话机旁边,其大小只有电话机的一半,它接收模拟语音信号、对信号进行模数转换(一般使用G.723.1或G.729协议,第4章会讨论这两种标准)。接收端则进行相反的转换。

在业界有大量这种1:1网关产品,这些产品相对来说易于使用。但对这种配置还有一些争论,因为必须使用电话拨号盘来输入配置参数,如IP地址、ISP的电话号码等。除此之外,这种结构要求通信双方使用相同的1:1网关设备。

另外一种配置如图1-3(e)所示,它是图1-3(c)和1-3(d)配置的一种变体,具有两者的特点。首先这种配置不再要求每个连接的端点都有一个网关。其次,用户都附属于一个局域网,因此本地呼叫直接由网关来管理。网关(或局域网内的另外一台机器)上运行呼叫管理模块来执行管理功能。运行VoIP的PC机或工作站完成低速语音编码器的功能。如果被叫用户在局域网之外,则由网关来执行必要的信号转换以满足电话网的要求。一旦业务交由电话网处理,就与处理一般电话呼叫一样了。

因为在这种配置中局域网(如以太网)既可处理语音又可处理数据,所以引起了业内人士的极大关注。而且,对于一般电话呼叫,系统中无需昂贵的按键电话系统或专用小交换机(PBX)。

配置中的问题

图1-3中的几种配置只表示了系统的低等功能。这些功能与大多数电话网用户所认可的电话业务相比还只是一些最基本的操作。图1-3的结构还没有包括支持呼叫前转、呼叫保持、呼叫者身份识别及其他电话网业务的设备。提供这些业务的设备(如按键系统、PBX、集中式用户交换机centrex等)没有在图1-3中描述。

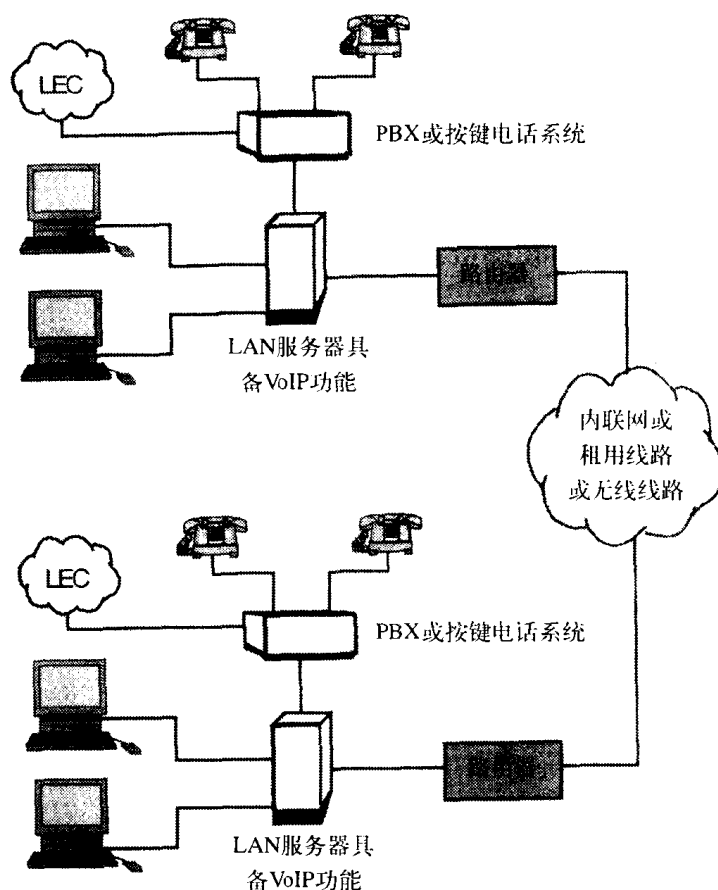
另外,在图1-3(a)~(d)所示的配置中利用了公众因特网,它还不能提供长话质量的语音业务。

1.8 专用VoIP网

更好的方法是将IP平台和PBX的优点结合起来。上述五种配置只是使用了公众因特网和/或公众电话网在两个用户之间传送语音。而图1-4所示的另一种配置使用专用因特网和/或租用专线代替了公众因特网。这一结构也包括按键电话系统和PBX。

这种配置可以给IP电话用户带来成本上的极大节约。首先,用户可以避开长途电话网。其次,通过服务器和路由器可实现语音和数据业务的综合,从而有利于带宽合并。第三,使用这种结构可以简化安装,不需要再使用那些昂贵的语音设备,如信道组。第四,这种方法可以提供和普通老式电话(POTS)一样的高质量的语音信号。

选择了这种实现方法的公司不仅节省了大量资金,而且发现如果选择一个好的VoIP网关运营商,在网上可以实现高质量的长途通信语音。这些企业还用VoIP技术构建了公司的呼叫中心。



图中：
LEC 本地交换电信公司
PBX 专用小交换机

图1-4 使用专用网的VoIP配置

例如在图1-4中，图的上部可能就是一个远端办公室，它连接到图的下部所示的呼叫中心。

1.9 下一步

VoIP在企业专用网中是非常有效的。虽然这一技术尚处在初期，但随着技术的发展，将需要重新考虑信道组、PBX、按键系统、数据服务单元（DSU）甚至Centrex在传统网络中的作用。已经有许多Internet任务组正在研究能够支持传统电话网和IP平台进行互通的标准，同时不少供应商还为这种系统开发了相应的硬件和软件。这种系统的框架性结构示于图1-5，在后面的章节我们还会详细描述。

互通系统中的关键设备是VoIP网关和VoIP呼叫代理（call agent），也叫网闸（Gatekeeper）。因为这两种名称都广泛采用，我们用首字母缩写CAG来代表它们。前面已经讲过，网关是用来连接不同系统的物理链路的，因此电话网中继线的末端可能是本地用户环路，而LAN可以和SONET链路连接，等等。

网关还负责系统之间的信号转换。例如，来自电话网的64kbps的数字语音信号可以由网关转换为8kbps的低速语音信号以便传送到LAN上的个人计算机，或者正好相反。

整个系统的控制部分是CAG。实际上，网关也要受CAG控制，它接受CAG的命令进行相