

网络与通信技术  
译丛

# IP电话 原理技术应用

Walter J. Goralski

Matthew C. Kolon

著

舒华英 赖平漳 区锐菁等 译

人民邮电出版社  
[www.pptph.com.cn](http://www.pptph.com.cn)



464939

---

网络与通信技术译丛

---

# IP 电话

## 原理技术应用

---

---

Walter J.Goralski Matthew C.Kolon 著

---

舒华英 赖平漳 区锐菁 等 译

---

---

人民邮电出版社

---

2007

网络与通信技术译丛  
**IP 电话原理技术应用**

---

- ◆ 著           Walter J. Goralski   Matthew C. Kolon  
译           舒华英   赖平漳   区锐菁   等  
责任编辑   张立科
  - ◆ 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  
北京顺义振华印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本:800×1000   1/16  
印张:30  
字数:400 千字                           2000 年 5 月第 1 版  
印数:1~5 000 册                       2000 年 5 月北京第 1 次印刷  
著作权合同登记   图字:01-2000-0137 号  
ISBN 7-115-08497-1/TN·1596
- 

定价:45.00 元

## 译者序

随着通信技术综合化、数字化、智能化、个人化的发展，在单一网络平台上实现语音、数据、图像等多种综合业务已经成为电信网络发展的目标和必然趋势。而 IP 电话的出现，使语音业务在数据网上高效传送成为可能，这种强大、经济、有效且崭新的通信手段正日益在人们的日常通信中发挥着重要作用。

美国作为最早研究和应用 IP 电话技术的国家之一，于 1999 年出版了一批系统地介绍 IP 电话的书籍，Walter J. Goralski 和 Matthew C. Kolon 所编写的《IP Telephony》就是其中之一，该书具有内容全面，深入浅出，易于理解等特点，希望该书的译本能给广大迫切希望了解 IP 电话技术的读者带来帮助。

本书的翻译工作是在舒华英教授的指导下完成的，赖平漳、区锐菁、叶如意负责部分章节的翻译和校对工作，参与翻译工作的还有熊尧飞、陈曦、印欣和董晓宇，在此对他们的辛勤工作表示衷心的感谢。

# 内 容 提 要

本书全面地介绍了与 IP 语音技术相关的各方面的内容。如数字语音、分组语音的基本原理、分组交换的应用、IP 电话标准、IP 网关等。

全书共分为 14 章，第一章从不同角度向读者展示了 VoIP 的吸引力；第二章、第三章介绍了模拟语音数字化的过程及传统电话网的原理；第四章介绍了如何提高分组语音的效率；第五章与第三章相对应，详细介绍了无连接网络；第六章介绍了利用 VoIP 在 Web 站点中引入语音技术；第七章、第八章介绍了 IP 电话标准及 IP 电话网关；第九章讨论了用 IP 电话来替代传统的 PBX；第十章介绍了传真在 IP 中的应用；第十一章介绍了使用全球 Internet 上的 VoIP 业务对长途电话收费的旁路问题；第十二章讨论了 IP 电话质量；第十三章用 3 个实际例子说明了 IP 电话的应用；第十四章预测了 IP 语音技术的未来。本书力求理论上的系统性、技术上的时新性及应用上的实用性。

本书可供网络工程师、电信工程技术人员及希望深入研究 IP 语音技术的读者参考，也可供大专院校相关专业的本科生和研究生使用。

## 版 权 声 明

本书为麦格劳·希尔独家授权的中文译本。本书的专有出版权属人民邮电出版社。未经原版出版者和本书出版者的书面许可，任何单位和个人不得复印、复制、摘录或以其他方式任何形式使用本书的部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

©1999

本书原版版权属麦格劳·希尔公司(McGraw-Hill Companies, Inc.)

本书原版书名 IP TELEPHONY

作者 Walter J.Goralski Matthew C.Kolon

# 前言

很多人都了解 Cisco 公司,最近这个公司声称全球 Internet 上的大部分数据流量都是经过 Cisco 路由器传输的,这种说法可能更多地带有宣传的色彩。Cisco 公司一直大力发展数据网,不过最近他们又在语音网上投入了大量精力。

位于 San Jose 和 California 的 Cisco 公司总部正在更换原有的传统商用电话系统,取而代之的是 IP 电话系统。新的 VoIP (IP 语音)系统将用 30000 条电话线连接两个厂区的 40 座大楼。和其他大多数大公司一样, Cisco 公司原来也是采用专用小交换机 PBX 设备来处理电话服务。由于处理语音的设备将与 VoIP 结合在一起,成为 VoIP 方案的一个组成部分,因此,这种仅能处理语音的专用设备将逐渐地被淘汰。

用不了多久, Cisco 公司新建的大楼将不需要专用的电话线,这些新建筑将全部装备 VoIP 系统。Cisco 公司现在有一个全球性的多协议广域网 (WAN),它跨越 77 个国家,连接着这些国家的 225 个 Cisco 分公司,这个网络目前可能是运行于异步转移模式 (ATM) 骨干网上,将来这个网络上也要承载 VoIP 数据。

为什么像 Cisco 这样的公司要付出大量的时间、精力和开销来把语音业务转移到数据网上呢?这就是本书所要讨论的。目前全球范围内存在两个网络,全球公共交换电话网

(PSTN) 主要负责语音通信, 全球 Internet 主要负责数据通信。但是这种情况不可能维持很久, 未来的发展趋势是将传统的语音业务以数据方式进行处理。本书将说明为什么会有这些转变。

人们要打电话时, 就会拿起连接在 PSTN 网络中的电话机话筒; 要给别人发 E-mail 时, 人们就会坐到计算机旁, 连上全球公用的 Internet。很少有人会想像到在 Internet 上打电话, 毕竟现在使用的还是两个完全不同的网络。

这两个网络物理结构不同, 分别用于处理语音和数据。PSTN 采用电路交换方式, 它利用时分复用技术为语音选择物理信道; 而 Internet 采用分组交换方式, 为数据业务建立逻辑通路 (和信道是不一样的)。对这些术语, 可能还有很多读者还不清楚, 但是总有一天, 这一切都变得很熟悉, 到那时人们在 Internet 上打电话将和今天在 PSTN 上一样容易。

实际上, PSTN 的语音业务底层结构和 Internet 上基于 IP 的业务结构有很多相似和重叠的地方。许多人都是通过拨号语音电路连接到附近的 Internet 主干节点的, 这些节点也就是通常广为人知的 Internet 服务供应商 (ISP) 的代理点 (POP)。这些人即使对网络没有什么概念, 也知道调制解调器是为了让模拟本地接入线 (本地环路) 把计算机产生的 0、1 信号传输到 Internet 上。而 Internet 的骨干链路, 典型的情况是由从电话公司租借来的高速数字链路组成, 当然也有从 ISP 租用线路的。从这些本地或骨干线路来看, PSTN 和 Internet 之间也不是截然分开的。

那么, 为什么不利用 IP 来为语音服务, 而让语音业务在 Internet 或其他 IP 网上传输呢? 现在的 Internet 已经可以用来传输视频和音频数据, 那为什么不能用来传输语音呢? 实际上语音只是一种交互的音频信号而已, 采用现代语音分组技术得到的语音分组已经难以和数据分组区分开了。

本书的核心是 IP 语音 (VoIP) 技术。基于 IP 的网络可以是公用 Internet, 也可以是其他一些基于 IP 的“受控”网络。典型的受控 IP 业务



是服务提供商不仅帮助用户连接到 Internet，而且使用实电路或虚电路为特定的用户提供专用带宽。这里的 IP 网甚至可以是位于一个组织内部或属于一个办公厂区的局域网（LAN）。只要使用 IP 协议，都可以使用 VoIP 技术，不管这个网络是一个局域网，还是一个受控 Internet 或是一个全球公用 Internet。当然了，所用的设备不同，所花的钱不一样，所得到的服务质量必然会有很大差别，这些因素也都在本书的讨论范围之内。

在这本书里，很少有专门用来介绍大量的关键术语和概念的段落，我们假设使用过 Internet 和电话的人对这些术语都比较熟悉，只在个别地方对“信道化”和“非信道化”、电路、时分复用、ISP（Internet 服务提供商）、POP（代理点），和 QoS（服务质量）等少数重要的术语做了一些解释。

当然，PSTN 语音和 Internet 数据是两个不同的领域，这两个领域原先都各有一套自己的名词术语，由于 VoIP 把 PSTN 语音和 Internet 数据结合到一起，也就产生了一些新的术语和概念。对于 VoIP 所用的一些关键术语和概念，本书将从基本原理讲起，把它们阐述清楚。

现在 VoIP 的书很多都是为熟悉 IP 的人而写的，为熟悉 PSTN 的人而写的则很少，更没有一本 VoIP 的书是为所有的人来写的，这也是出版这本书的一个原因。读本书的人最好打过电话，使用过 Internet，当然，技术背景越多越好，不过本书并没有对读者的技术背景做过多的限定，只要熟悉计算机和电话机就可以了。

本书在内容安排上由浅入深，点缀着的一些章节更适合于比较熟悉 PSTN 的读者或更适合于比较熟悉 IP 的读者。本书的各章节内容简介如下。

第一章：展望 IP 电话。本章从几个不同的角度向读者展示了 VoIP 的吸引力。在向读者展示 IP 电话的吸引力时，主要详细地分析了四个方面。经济全球化是 Internet 全球化的基础。经济的增长也是 PC 机、WWW 出现及发展的动力。本章还对把语音和数据（也包括一些视频）集成到一个

网络做了一些阐述。

本章的最后提供了一个 VoIP 的框架模式，在这个框架中，综合考虑了商用和家庭用、收入和支出等多方面因素。各个方面将在其他章节做详细介绍。本章结束时从技术、经济和社会三个方面讨论了 IP 电话成为一个热门话题的原因。

第二章：数字语音基本原理。本章主要讨论了模拟语音数字化的过程。首先，本章把模拟语音网络和数字语音网络做了一下比较，让读者领会到两个网络所用设备，如调制解调器和 CSU/DSU（信道业务单元/数据业务单元）之间的区别。本章还简要地说明了语音数字化以及在 VoIP 中应用数字信号处理器（DSP）芯片的原因。

接下来，讲述了 DSP 芯片把语音数字化的三个关键步骤：抽样、量化和编码。数字化最后的结果是通用的数字语音标准 64kbit/s PCM 语音。

本章的最后向读者讲述了一些先进的语音数字化技术，利用这些技术可以使语音编码后的速率低于 64kbit/s，同时对这些技术实现的语音质量做了一些分析。

第三章：PSTN 电话系统。本章用了很大的篇幅介绍了电话网络的原理和历史。本章介绍了路由器和 Internet 的原理，阐述了 PSTN 和 Internet 之间的异同。本章从详细地介绍环路、干线和交换机入手，使读者对 PSTN 有一个较深入的认识。

本章在介绍干线中模拟语音和数字语音传输的不同时介绍了 SONET/SDH，接着介绍了北美电话号码的形式和功能，然后与 Internet 发送分组相比较，介绍了电话呼叫建立过程，在最后介绍了 PSTN 的信令网。

本章还简要地介绍了贝尔系统的历史以及美国现有的 PSTN 网络结构（可能和世界上大多数国家采用的网络结构差不多）。并介绍了几个容易混淆的概念：LEC、CLEC、ISP、LATA、接入费用和其他一些 PSTN 中较复杂的概念。

第四章：分组语音基本原理。数字语音和分组语音有很大的不同，本章解释了分组语音网络为什么比数字语音网络更富有挑战性的原因，并且一开始就介绍了电路交换和分组交换之间的不同以及作为国际公用分组交换网络协议的 X.25 协议。

接下来介绍两个无连接的分组交换网：PSTN 的七号信令网和 Internet。七号信令网在 PSTN 中的作用是建立和维持语音连接，简要介绍七号信令网之后介绍了 Internet 的历史。在本章中可以看到这两个看似大不相同的网络却有着大量相同的特征，这一点很重要，因为 VoIP 呼叫既可以在 Internet 上完成也可以在七号信令网上完成。

本章的核心是如何提高分组语音的效率，这里讨论了数字语音的七个特征，从每个特征出发分别给出一个在分组网络上承载语音的方案。国际标准 G.729B 规定了分组网络的几个特征，本章最后简要介绍了 G.729B。

第五章：分组交换及其应用。本章和第三章相对应，第三章为那些只熟悉 Internet 及其协议的人介绍了 PSTN，而本章为只熟悉电话呼叫的人介绍了无连接网络。

本章详细阐述了电路和连接的概念，分组网络虚电路的建立和使用，还介绍了无连接网络节点、交换机及路由器。本书中较为重要的两个概念分组和自带寻址信息的数据包，都在本章中进行介绍。本章还比较了以交换机为节点的网络（如 X.25）和以路由器为节点的网络（如 Internet）之间的异同。

第六章：在 Web 站点中引入语音。本章介绍了利用 VoIP 在 Web 站点中引入语音的技术。因为这和在销售用的传统的入呼叫中心、技术支持中心或电话销售的出呼叫中心引入 Web 功能很类似，所以这些一并在本章做了讨论。

在从三个方面解释了让 Web 站点处理语音的原因之后，介绍了“Web VoIP 呼叫”。随后是两个在呼叫中心应用 VoIP 的实例，一个是技术支持中心，另一个是交互语音销售。然后详细讨论了 VoIP 和 Web 集成的问题，

讨论了利用 VoIP 技术把出入呼叫中心改造为集成语音和 Web 功能的既是呼叫中心又是 Web 站点的综合系统。

第七章：IP 电话标准。本章主要介绍了关于 IP 电话的两个主要标准系列：H.323 和会话初始化协议（SIP）。本章解释了 IP 电话呼叫的过程，介绍了 ITU-T 的 H.323 协议族。H.323 协议是开发 IP 电话共同的平台，该协议的所有特征包括终端类型、网关、控制信令和连接建立都在本章中介绍。

接着介绍可以替代 H.323 的 SIP 的详细框架，包括寻址、命名、目录和网络要求等方面。还讨论了实时传输协议（RTP）和实时传输控制协议（RTCP）的细节，这些细节在实现 IP 电话的 H.323 协议中也会用到。

本章的最后简要地介绍了 IP 网络的服务质量（QoS）问题，这包括 IPv4 和 IPv6 所支持的有差别服务和 QoS 控制。

第八章：IP 电话网关。本章介绍了大多数 VoIP 网络中最重要的组件的功能、内部设计和操作。先介绍了用于 PSTN 和七号信令网之间通信的网关信令，接着描述了一个 MGCP 解决方案的操作方式，该方案使 VoIP 网关看起来像标准的 PSTN 交换机。

然后介绍了设计网关的几种不同模式，从最简单的纯软件方式到把分组语音集成到 PBX 的 IP 语音卡等。最后简要地讨论了关守以及关守和网关之间的关系。

第九章：局域网电话系统。本章讨论了替代传统使用专用小交换机（PBX）的办公室或厂区电话的 IP 电话的使用。首先讨论 PBX 的一些特征，其中包括 PBX 在一个组织内部的作用。然后讨论了典型的 LAN 的特征以及 LAN 环境是否适合于处理语音的问题。此外，还讨论了实施局域网电话系统所面临的挑战，例如缺乏设备电源等问题以及它们的解决办法。

最后，介绍了早期局域网电话系统的一些优点，还对未来的电话系统开发做了一个展望。

第十章：IP 传真。本章一开始介绍了发明传真的故事，接着解释了当今传真能得到广泛商业应用的原因，然后讨论了传真的优点和有待改进之处，接着介绍了构成传真的两个基本协议 T.30 和 T.4 的工作过程。

接下来讨论了 ITU-T 和 IETF 为编写 IP 传真标准所做的努力，这里要注意为什么传真数据流不能在 VoIP 系统中当作语音数据流一样来处理的原因。还简要地介绍了 T.38 和 IETF 在 IFax 上的努力。最后介绍了目前市场上有关 IP 传真的产品以及服务提供商。

第十一章：国际 Internet 旁路。本章一开始简要介绍了使用全球 PSTN 的国际电话环境以及使用全球 Internet 上的 VoIP 业务对长途电话收费的旁路。还讨论了 Internet 呼叫的“免费”问题及 IP 电话的收费及结算办法。

为了说明 PSTN 和 IP 电话价格的差异，本章还介绍了全球 PSTN 和 Internet ISP 之间的差异。接着详细地讨论了分离、接入费和国际长途结算的概念。然后介绍了美国 LATA 体制以及与其他国家之间的异同。全球反规范化和剥离的问题也在这里得到阐述。还给出了多种提供国际 IP 电话结算的方法。本章的最后讨论了 IP 电话旁路对降低国际电话结算费的作用。

第十二章：IP 电话的服务质量。本章开始对服务质量（QoS）应用于网络时的意义做了一个必要的详细讨论。QoS 被定义为在一次特定的应用中用户对一些服务参数特别是带宽控制的能力。一些关键的概念，如服务级别、性能承诺和服务水平协议都要在这里详细论述。

这里介绍了六种 QoS 参数，它们是：带宽、时延、抖动、分组丢失率、可用性和安全性等。其中带宽是最重要的一个参数，这里对它做了详细讨论，也给出了有关带宽的几种不同观点。最后还详细讨论了使 IP 网络提供 QoS 支持的几种方法，以及让 Internet 路由器处理 IP 电话所面临的挑战。

第十三章：IP 电话实例研究。本章提供了利用现有产品安装 IP 电话的三个实例研究。这三个例子是：一个利用 VoIP 减低电话费用的工程公

司、一个需要引进 PBX 的纺织公司和一个想在数据网络上提供 IP 电话和 IP 传真业务的 ISP。

第十四章：展望 VoIP 的未来。本章展望了 IP 语音的未来，并从用户、服务提供商以及技术人员三个方面对未来语音数据流集成作了预测：对用户来说，对电话业务质量的要求是经常变化的；对服务提供商来说，总是朝着利润最大化的方向努力；而技术人员则是为开发出能够改善语音的新技术而拼搏。

本章还包括对未来的 PSTN 自身发展的推测，即推测 PSTN 未来是不是演变为能够提供多种服务的分组交换网络。

Walter J. Goralski

Matthew C. Kolon



# 录

## 第 1 章

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 展望 IP 电话 .....                            | 1  |
| 1.1 打电话的费用 .....                          | 2  |
| 1.1.1 减少长途电话费用 .....                      | 4  |
| 1.1.2 用更小的带宽打更多的电话 .....                  | 5  |
| 1.1.3 更多更好的增值业务 .....                     | 8  |
| 1.1.4 高效利用 IP 协议 .....                    | 15 |
| 1.2 相关问题 .....                            | 18 |
| 1.2.1 国际电话 .....                          | 18 |
| 1.2.2 电话推销 .....                          | 19 |
| 1.2.3 呼叫中心 .....                          | 21 |
| 1.2.4 传真 .....                            | 23 |
| 1.3 IP 电话的吸引力 .....                       | 25 |
| 1.3.1 全球化经济，全球互联网 .....                   | 26 |
| 1.3.2 PC 机的崛起 .....                       | 28 |
| 1.3.3 WWW 的崛起 .....                       | 31 |
| 1.3.4 早期的综合业务尝试：窄带<br>ISDN 和宽带 ISDN ..... | 35 |
| 1.4 IP 电话的一个模型 .....                      | 39 |
| 1.5 科技、经济和社会因素 .....                      | 42 |
| 1.6 规则 .....                              | 44 |

|              |                                |           |
|--------------|--------------------------------|-----------|
| <b>第 2 章</b> | <b>数字语音基本原理 .....</b>          | <b>47</b> |
| 2.1          | 模拟语音与数字数据 .....                | 48        |
| 2.1.1        | 模拟电话网络 .....                   | 52        |
| 2.1.2        | 数字计算机网络 .....                  | 56        |
| 2.2          | 模拟链路与数字链路 .....                | 58        |
| 2.2.1        | 调制解调器 .....                    | 59        |
| 2.2.2        | 编码/解码器 .....                   | 60        |
| 2.2.3        | 信道业务单元/数据业务单元 .....            | 61        |
| 2.3          | 综合比较 .....                     | 63        |
| 2.4          | 为什么要把语音数字化 .....               | 64        |
| 2.4.1        | 复用更加容易 .....                   | 65        |
| 2.4.2        | 信令更容易实现 .....                  | 66        |
| 2.4.3        | 可以使用 PC 机和其他类型的计算机作为语音终端 ..... | 67        |
| 2.4.4        | 语音交换机变成大计算机系统，所有线路都是数字化的 ..... | 67        |
| 2.4.5        | 线路噪声减少 .....                   | 68        |
| 2.4.6        | 线路质量能被严密监测 .....               | 69        |
| 2.4.7        | 便于提供新的业务 .....                 | 69        |
| 2.4.8        | 线路容噪能力更强 .....                 | 70        |
| 2.4.9        | 加密成为可能 .....                   | 70        |
| 2.5          | 数字信号处理器 (DSP) .....            | 71        |
| 2.6          | 数字化三步骤：抽样、量化、编码 .....          | 72        |
| 2.6.1        | 抽样 .....                       | 73        |
| 2.6.2        | 量化 .....                       | 75        |
| 2.6.3        | 编码 .....                       | 80        |
| 2.7          | 一个基本的系统：64kbit/s PCM           |           |



|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 语音系统 .....                      | 82        |
| 2.8 突破 64kbit/s 障碍 .....        | 84        |
| 2.8.1 消除冗余 .....                | 85        |
| 2.8.2 预测语音 .....                | 87        |
| 2.9 关于语音质量的说明 .....             | 91        |
| 2.10 方法与标准的选择 .....             | 93        |
| <b>第 3 章 PSTN 电话系统 .....</b>    | <b>99</b> |
| 3.1 全球电话网络 .....                | 100       |
| 3.1.1 电路、干线和交换机 .....           | 101       |
| 3.1.2 有带宽保证和稳定延迟的电路<br>交换 ..... | 109       |
| 3.1.3 模拟复用 .....                | 113       |
| 3.1.4 数字复用 .....                | 117       |
| 3.1.5 环路和干线：二线制和<br>四线制 .....   | 127       |
| 3.1.6 建立电话呼叫 .....              | 131       |
| 3.1.7 电话号码：PSTN 的网络地址 .....     | 134       |
| 3.1.8 电子交换和选路 .....             | 136       |
| 3.1.9 信令网：无连接型的网络 .....         | 138       |
| 3.2 贝尔系统 .....                  | 140       |
| 3.2.1 独立的电话公司 .....             | 142       |
| 3.2.2 AT&T：国家的电话公司 .....        | 142       |
| 3.3 贝尔系统的解体 .....               | 144       |
| 3.3.1 航空业的做法 .....              | 145       |
| 3.3.2 LATA 和接入费用 .....          | 147       |
| 3.3.3 重组后的 PSTN .....           | 148       |