

网络工程师教育丛书

广 域 网

(第7版)

Introduction to Wide Area Networks, WB37.0

(美) Kenneth D. Reed 著

蒋先泽 张 文 邹 彤 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是《网络工程师教育丛书》的第3册,系统讲述广域网的概念、技术、构件和协议。全书分为7章,分别介绍广域网基础,广域网概念和设备,物理层广域网协议,数据链路层广域网协议,高层广域网协议,广域网解决方案,以及基于广域网技术的通信融合。

本书是国家网络技术水平考试指定参考教材,适于网络技术人员和网络管理人员阅读,也可供大中专院校相关专业的师生和具有一定基础的广域网爱好者阅读和参考。

Copyright © 2001 WestNet, Inc. www.westnetinc.com Single User version, duplication and unlicensed use prohibited and unlawful.

Chinese translation edition Copyright © 2003 by Publishing House of Electronics Industry. All rights reserved.

本书中文简体专有翻译出版权由美国 WestNet, Inc. 授予电子工业出版社。该专有出版权受法律保护。

版权贸易合同登记号 图字:01-2002-6465

图书在版编目(CIP)数据

广域网:第7版/(美)里德(Reed, K. D.)著;蒋先泽,张文,邹彤等译. —北京:电子工业出版社, 2003.9

(网络工程师教育丛书)

书名原文:Introduction to Wide Area Networks, WB37.0

ISBN 7-5053-9102-X

. 广... . 里... 蒋... 张... 邹... . 远程网络-基本知识 . TP393.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第076133号

责任编辑:张来盛

印 刷:

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:22 字数:453千字

版 次:2003年9月第2版 2003年9月第1次印刷

印 数:6000册 定价:30.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

《网络工程师教育丛书》编审委员会

主任：

吕新奎 中国电子科技集团公司总经理、信息产业部原副部长

委员：(按姓氏笔划顺序排列)

王行刚 中国科学院计算技术研究所首席科学家、研究员、博士生导师

史美林 清华大学计算机科学与技术系教授、博士生导师

宁 洪 国防科技大学计算机学院计算机系主任、教授

刘增基 西安电子科技大学教授、博士生导师

闫保平 中国科学院计算机网络信息中心主任、研究员

宋 玲 中国电子商务协会理事长

张尧学 教育部高等教育司司长、教授

张兴华 北京大学计算中心教授级高工

吴朝晖 浙江大学计算机科学与工程系副主任、教授、博士生导师

李乐民 中国工程院院士

电子科技大学教授、博士生导师

赵小凡 国家信息化工作办公室推广应用组副组长

罗军舟 东南大学计算机科学与工程系副主任、教授、博士生导师

洪京一 信息产业部信息化推进司处长

高新民 中国信息协会副会长、国家信息中心原主任

鲍 泓 北京联合大学信息学院教授

前 言

本课程的先修课程是《网络基础》。当然,读者若掌握了一些基本的计算机使用技巧,如字处理程序、Internet 浏览器和 E-mail 软件等,则对学习本课程会有帮助。另外,局域网技术、电信基础知识和 TCP/IP 概念也有助于加深对本课程相关知识的理解。

本课程讨论有关长距离传输语音和数据的一些概念、技术、构件和协议;介绍综合语音、数据和视频通信的一些重要技术,如 ATM 等;同时,介绍通过广域网(WAN)传输信息的基本概念。

本课程的目的,是使读者更好地理解全球电信基础设施以及它是如何支持长途语音和数据通信的。学习完本课程以后,将会对广域网运行的基本概念有深刻的理解,在联网、通信系统和技术方面打下坚实的基础。

网络可以分成 4 大类:局域网(LAN)、园区网、城域网(MAN)与广域网。广域网将距离很远的独立网络连接起来。广域网往往通过某些设备将两个或更多的局域网连接在一起。在本课程中,将学习很多种广域网服务。虽然本课程所涉及的原理也可以应用于其他类型的网络,但是本课程将集中介绍与广域网技术有关的内容。

本课程一开始就讨论与广域网技术与服务有关的基础概念。虽然今天的网络可以提供很多广域网数据服务,但广域网最初只是为传输语音级业务而开发的。早期的模拟网络尽管已基本升级成了数字网络,但模拟本地环路仍在将家庭用户和许多企业用户连接到数字电话网络。因此,第一章讨论广域网中模拟和数字语音、数据综合的基本原理;另外,还讨论专用小交换机(PBX)的基本知识、特性和功能,以及支持呼叫记账、安全性等的 PBX 服务。

第二章包括一些必要的基本概念,以便了解信息是如何通过广域网传输的。我们将学习模拟与数字传输、电路类型以及在广域内从信源向信宿传输信息的不同模式。在第一章与第二章都将涉及到调制解调器、微波、卫星与多路复用器等设备。

第三章将学习广域网技术的最低层:物理层。物理层由传输比特流的媒介与比特流的格式化方式构成,格式化的目的是为了便于通过物理媒介发送。这里介绍了交换电路、专线、T-Carrier 与同步光纤网络(SONET),以及非对称数字用户线(ADSL)与线缆调制解调器等新技术。

第四章介绍常见的第 2 层协议,即与数据链路层有关的协议。数据链路层与从一台网络设备向另一台网络设备传输数据帧有关。这一章将学习高级数据链路控制(HDLC)

串行线路 Internet 协议 (SLIP) 和点对点协议 (PPP) 等。

第五章和第六章讨论通过网络 (而不是单一链路) 传输信息的高层广域网协议。第五章介绍前两个主要的协议: 综合业务数字网 (ISDN) 和帧中继。

第六章介绍两种信元交换技术: 异步传送模式 (ATM) 和交换多兆位数据服务 (SMDS)。这些技术通过网络以固定长度的信元传输信息, 可为网络设备提供可预测的性能和可靠性。

第七章是最后一章, 介绍广域网通信融合技术及其支持的服务, 包括基于 IP 的语音传输 (VoIP)、ATM 和帧中继。这一章先讨论 VoIP 网络构件和协议, 再讨论推动企业实现 VoIP 服务的一些因素, 然后介绍专用虚拟专用网 (VPN) 和公用交换电话 (PSTN) 远程访问服务。

译者的话

国家网络技术水平考试(简称 NCNE)是国家信息化工程师认证考试(简称 NCIE)体系中推出的第一个专业认证考试,是信息产业部国家信息化工程师认证考试管理中心与美国国家通信系统工程协会(NACSE)合作的认证考试,考生在通过国家网络技术水平考试后,可同时获得国家信息化工程师认证考试管理中心和 NACSE 颁发的相应级别认证证书,保持与世界先进水平的同步,确保我国 IT 职业教育水平处于国际领先水平。

《网络工程师教育丛书》是国家网络技术水平考试的指定参考教材,其内容知识规划全面,所有课程均具有平台中立和基于标准的特点,因而除了帮助学生获得相应的认证证书之外,还使他们能够系统地学习网络基本知识,全面掌握网络设计和连网技术,同时学习到多种网络协议并获得网络解决方案的实际经验。

《网络工程师教育丛书》的内容从高中水平起步,一直涵盖到硕士研究生水平,可以用来培养网络领域不同层次的人才。利用互联网远程教育和计算机多媒体教学等手段,从师资培训入手,解决了中等和高等学校网络教育中存在的师资、教材、课件、学习和教育方法等方面的不足,并提供完整的实验和实践方法,克服知识与应用脱节,真正做到了学以致用,理论与实践相结合。

本书是《网络工程师教育丛书》的第 3 册,全面讲述与广域网有关的内容,包括广域网的基本概念、设备、协议和解决方案,以及基于广域网技术的通信融合。

本书主要由蒋先泽、张文、邹彤翻译,参加翻译工作的还有杨彦昌、王锐、张艳、陈立新、郑天龙、乐涛和李童童等。由于译者水平所限,不妥或错误之处在所难免,恳请读者不吝指正。

出版说明

随着信息技术的飞速发展和广泛应用,网络技术已成为经济发展的强大动力,网络的重要性、普及性受到人们的广泛关注。网络系统设计、建设、管理、维护等工作成为当今社会需求最大、最热门的职业,网络知识与技能已成为人们 21 世纪就业的通行证。

我国作为信息技术应用发展最快的国家之一,迫切需要培养不同层次的网络工程师和技术人员,以满足日益强劲的社会信息化需要。为此,经过深入研究和论证,电子工业出版社与国际著名的网络基础教育项目——NetPrep 合作,共同翻译、出版了这套《网络工程师教育丛书》。这套丛书得到了信息产业部国家信息化工程师认证考试(NCIE)管理中心和美国国家通信系统工程师协会(NACSE)的联合认证,是国家网络技术水平考试(NCNE)的指定参考教材。

这套丛书是一套内容丰富、体系完整、教育和学习方法先进的网络技术职业培训和教育教材,内容系统全面,涵盖了计算机网络技术的各个方面。与目前国内所采用的同类教材和技术图书比较,该丛书具有以下显著特点:

1. 内容取材科学,实用性强。丛书内容具有较强的系统性和很好的技术平台中立性。通过本课程的学习,读者能够系统地学习网络的基本知识,全面掌握网络设计和连网技术,同时可了解多种网络协议并获得网络解决方案的实际经验,为今后的职业发展打下坚实的技术基础。

2. “在多媒体中教网络,在多媒体中学网络。”丛书配有出色的多媒体教学课件,书面教材与多媒体电子教材内容紧密结合,通过语音、动画等多媒体形式,生动、直观地描述一些抽象、难懂的网络概念、原理,方便老师的教学,易于学生的理解。

3. 技术内容先进。这套教材更新及时,目前已经更新到了第 7 版。随时对教材进行补充和更新,反映当前 IT 业界最新、最实用的网络技术,避免了教学内容与社会实际工作岗位需要的脱节。

4. 配有许多精心设计的实验,实践课程贯穿教学活动的始终,真正体现学以致用,使学习以职业工作为导向。

5. 提供了一套全方位的网络技术培训与教育解决方案。信息产业部国家信息化工程师认证考试管理中心(<http://www.ncie.gov.cn>)可提供详尽的教师指导材料和师资培训服务,解决了网络技术培训与教育中普遍存在的师资、教材、课件、学习和教育方法等方面的不足。

这套教材获得了国内外多所高等院校和中等学校师生以及信息科技领域许多专家的欢迎和高度评价。国家信息产业部将《网络工程师教育丛书》列为国家信息化培训教材的重要项目，并要求把该丛书定位为国内一流的网络职业培训教材。

丛书共 8 册，在知识设计上层次分明、由浅入深，从高中水平起步，一直涵盖到硕士研究生水平。读者可根据自己现有的网络技术知识水平选择相应的图书，然后逐步进阶。

这套丛书适合作为不同层次学历教育、职业教育和各类网络技术培训的教材或教学参考书，也可供目前正在网络管理、网络规划与设计、网络工程建设、网络系统维护等岗位工作的技术人员，或希望将来走上这些工作岗位的人员自学或参考使用。

当今社会网络无处不在，它时刻都在改变着人们的学习和工作方式。网络工程师和网络技术人员的职业培训和教育项目将有力地促进 IT 职业培训与教育的现代化。我们相信，这套教材的出版将弥补国内高质量、高水平网络基础教育教材的短缺与不足，对于促进国内教育事业向国际化方向发展，对于培养国家建设需要的网络领域的专业人才，均会起到积极的作用。

网络知识与技能是现代人成功的阶梯，让我们共同努力，从现在开始！

电子工业出版社

2003 年 6 月

国家网络技术水平考试（NCNE）介绍

国家网络技术水平考试（NCNE）是国家信息化工程师认证考试（NCIE）体系中推出的第一个专业认证考试，是信息产业部国家信息化工程师认证考试（NCIE）管理中心与美国国家通信系统工程师协会（NACSE）合作的认证考试。考生在通过国家网络技术水平考试后，可获得信息产业部国家信息化工程师认证考试管理中心颁发的相应级别认证证书，同时也可获得美国国家通信系统工程师协会（NACSE）颁发的相应证书。因此，NCNE 保证了时刻把握国际脉搏，保持与世界先进水平同步，确保我国 IT 职业教育水平处于国际领先水平。

NCNE 的发展目标为：

- ？ 建立我国网络技术人才认证的国家标准；
- ？ 建立国际水准的、具有中立性和厂商开放性的网络技术职业教育体系；
- ？ 建立国内一流的网络技术人才职业发展体系；
- ？ 建立一个高效率的、能够体现网络技术发展新趋势和知识系统完整性的终身学习服务机制；
- ？ 以人才测评标准为核心，在政府有关部门指导下，与教育、培训、IT、人力资源等行业的主流机构进行开放性和创新性的合作，建立一个有关网络技术人才从培育、认证、就业到终身学习的完整产业。

国家网络技术水平考试特点与优势在于：

1. 政府认可的专业认证

国家网络技术水平考试是由信息产业部推出的，是目前我国惟一的涵盖网络专业不同层次的政府认证。国家网络技术水平考试的各级证书是政府承认的专业认证证书。

2. 内容中立的教学体系

NCNE 的培训内容具有很强的通用性，无厂商倾向，相比针对厂商技术的认证考试有更加广阔的发展空间。厂商中立，有利于学员无偏好地掌握多家主流厂商的技术；通过厂商中立培训课程的学员，对任何信息技术厂商的产品都不存在惟一依赖性；坚实的理论基础和宽泛的技术视野，使学员能够轻松地在不同厂商的产品间进行技术切换，实现跨平台操作。

3. 术领先的教育资源

NCNE 采用的教材是由美国著名的 IT 教育服务提供商和 NCIE 课程开发中心共同选

择、开发的。NCIE 课程开发中心由来自 NCIE-BOS 的技术专家、NACSE 专家、著名院校教育专家、网络工程专家和多年从事 Cisco、3Com、西门子、微软等厂商技术培训的讲师组成。该中心所开发的教材、课程和课件，内容先进，强调动手实践，技术通用且厂商中立性，教材和多媒体网络课件相得益彰，通过了国家信息化工程师认证考试工作指导委员会网络组专家们的评审认证。

4. 与理论并重的教学理念

信息技术脱离了实践操作将无从谈起。NCNE 的最大特点是强调操作性，在日常的培训中就十分重视动手能力，以提高学员独立解决问题的能力。认证考试分为知识水平考试和动手操作考试两部分，考核学员所掌握技能的实用性。与之相应的认证培训更将实践操作作为一个至关重要的内容，NCNE 培训涉及到从计算机网络布线到路由器、交换机等一系列网络设备的操作、配置和使用等各类操作实践。

5. 教学管理与质量控制

为了保证 NCNE 的培训质量，NCIE 课程开发中心与西门子公司紧密合作，为 NCNE 认证教师培训课程进行周密科学的设计。教师培训中既包括整体教学内容的通讲，又包括西门子德国教育专家亲自传授的职业教育教学法。通过近半个月的教师培训，每一位受训教师都将成为精通授课内容、擅长职业教育的合格认证教师。对于基础薄弱的教师，NCIE 课程开发中心将提供提高技术水平的强化培训服务。认证教师将把整体的教学内容、教学方法、教学理念带到 NCNE 认证教育试培训的第一线，保证每位学员都能受到最实用、最地道的职业教育，成为具有实际动手能力的网络专业人才。

6. 双向认证，确保认证的国际性

NCNE 的各个认证等级与美国国家通信系统工程师协会 (NACSE) 的网络工程师认证等级一一对应，考试合格的学员可以同时拿到 NCIE-MC 和 NACSE 颁发的认证证书，有利于学员将来在国际范围内的深造、就业，保证了该认证的技术先进性和国际通用性。

7. 先进的学分制再认证体系

获得认证的学员将自动成为 NCNE 人才数据库的终身会员和美国国家通信系统工程师协会的成员，考试管理中心将根据会员申请利用远程教学手段向其提供再认证培训、技能测评服务，内容包括最新的技术资料、推荐书目和测试题等，以确保认证的时效性。

8. 关注职业发展的就业服务

NCNE 将建立获证学员的人才数据库，利用官方网站 (<http://www.ncie.gov.cn>) 和美国 NACSE 网站向各公司、机构推荐技术人才，并将和国内主要的 IT 企业携手推进获证学员的实习项目。在为信息技术人才提供优质职业发展服务的同时，也为我国信息化建设提供丰富的高质量人才。

目 录

| | |
|----------------------|--------|
| 第一章 广域网基础 | (1) |
| 概述 | (2) |
| 第一节 网络分类 | (8) |
| 局域网 | (8) |
| 园区网 | (9) |
| 城域网 | (9) |
| 广域网 | (10) |
| 练习 | (10) |
| 第二节 电信网络 | (12) |
| 电信网络的发展 | (12) |
| 不只是文字通信 | (13) |
| 练习 | (13) |
| 第三节 语音网络 | (14) |
| 模拟网络的连接 | (14) |
| 干线的减少 | (15) |
| 练习 | (16) |
| 第四节 语音网络技术 | (17) |
| 模拟技术 | (17) |
| 早期的电话 | (18) |
| 频分多路复用 (FDM) | (18) |
| 双工通信 | (20) |
| 专用小交换机 (PBX) | (20) |
| 练习 | (21) |
| 第五节 PBX 基础 | (23) |
| PBX 组件 | (23) |
| 通过 PBX 进行呼叫 | (26) |
| 选定呼叫路由 | (26) |

| | |
|-----------------------|--------|
| PBX 的辅助功能 | (26) |
| 电话机性能 | (27) |
| 话务控制台服务 | (28) |
| 管理报告 | (29) |
| PBX 增强功能 | (30) |
| PBX 费用和需求 | (31) |
| 练习 | (31) |
| 第六节 PBX 特性与功能 | (33) |
| 呼叫记账系统 | (33) |
| 语音邮件系统 | (34) |
| 自动话务台 | (37) |
| 服务等级 (CoS) | (37) |
| 其他功能 | (37) |
| 练习 | (38) |
| 第七节 语音网络上的计算机信号 | (40) |
| 模拟信号和数字信号 | (40) |
| 调制解调器 | (41) |
| 练习 | (42) |
| 第八节 语音信号的数字化 | (43) |
| 模拟到数字 | (43) |
| 组合 | (44) |
| 时分复用 | (45) |
| 波分复用 | (45) |
| 练习 | (46) |
| 第九节 综合服务 | (47) |
| 1 和 0 | (47) |
| 数据传输 | (47) |
| 语音会话 | (48) |
| 练习 | (48) |
| 第十节 电信机构 | (49) |
| 电信机构 | (49) |
| 价目表 | (52) |
| 练习 | (53) |

| | |
|--------------------|--------|
| 本章小结..... | (54) |
| 第二章 广域网概念和设备..... | (57) |
| 概述..... | (58) |
| 第一节 物理电路和逻辑电路..... | (65) |
| 电路和虚电路..... | (65) |
| SVC 信息传输..... | (68) |
| 练习..... | (68) |
| 第二节 连接到广域网电路..... | (70) |
| 数据通信设备..... | (70) |
| DTE 到 DCE 协议..... | (71) |
| 练习..... | (72) |
| 第三节 连接到模拟网络..... | (73) |
| 调制解调器概念..... | (73) |
| 内置与外置调制解调器..... | (74) |
| UART..... | (74) |
| RS-232..... | (74) |
| 调制解调器信号..... | (76) |
| 练习..... | (76) |
| 第四节 模拟调制解调器..... | (78) |
| 调制解调器协议..... | (78) |
| 调制..... | (79) |
| 调制解调器运行..... | (80) |
| 练习..... | (82) |
| 第五节 调制解调器的同步..... | (83) |
| 时序就是一切..... | (83) |
| 数据压缩与差错控制..... | (84) |
| 调制解调器的兼容性..... | (85) |
| 练习..... | (86) |
| 第六节 连接到数字网络..... | (88) |
| DTE 和信道服务单元接口..... | (88) |
| 亚速率设备..... | (89) |
| 数据电话数字服务..... | (89) |
| 练习..... | (90) |

| | |
|----------------------|---------|
| 第七节 微波通信 | (91) |
| 微波通信基础 | (91) |
| 微波设备 | (92) |
| 练习 | (94) |
| 第八节 卫星通信 | (95) |
| 连接到卫星 | (95) |
| 卫星设备 | (96) |
| 卫星频率范围 | (96) |
| 卫星特点 | (96) |
| 卫星和轨道 | (97) |
| 带宽 | (98) |
| 卫星协议 | (98) |
| 卫星应用 | (99) |
| 练习 | (99) |
| 第九节 端到端连接 | (101) |
| 广域网应用 | (101) |
| 练习 | (102) |
| 本章小结 | (106) |
| 第三章 物理层广域网协议 | (107) |
| 概述 | (108) |
| 第一节 数据速率总结 | (112) |
| 点对点链路 | (112) |
| 各种数据速率及相关应用 | (113) |
| 带宽 | (114) |
| 练习 | (115) |
| 第二节 拨号线路和租用线路 | (116) |
| 拨号连接 | (116) |
| 租用线路 | (117) |
| 数字数据服务 (DDS) | (117) |
| 练习 | (118) |
| 第三节 SW56 | (120) |
| Switched-56 服务 | (120) |
| SW56 操作 | (121) |

| | |
|---------------------------|---------|
| 练习 | (122) |
| 第四节 甚小口径终端 (VSAT) | (123) |
| VSAT 应用 | (123) |
| 卫星应用 | (124) |
| 练习 | (124) |
| 第五节 T-Carrier 和 E-Carrier | (126) |
| T1、FT1 和 T3 | (126) |
| T1 | (127) |
| FT1 | (130) |
| T3 和北美数字层次结构 | (131) |
| 线路成本 | (134) |
| 练习 | (134) |
| 第六节 ADSL | (135) |
| ADSL | (135) |
| 数字用户线和 Internet 接入 | (138) |
| 本地高速 Internet 访问的选择方案 | (139) |
| 练习 | (140) |
| 第七节 线缆调制解调器 | (142) |
| 线缆调制解调器技术 | (142) |
| ADSL 和线缆调制解调器用户透视 | (143) |
| 练习 | (144) |
| 第八节 SONET | (146) |
| 同步光纤网 (SONET) 标准 | (146) |
| SONET 的优势 | (147) |
| SONET 协议结构 | (147) |
| SONET 多路复用 | (149) |
| SONET 帧格式 | (151) |
| SONET 网络组件 | (153) |
| 练习 | (155) |
| 本章小结 | (156) |
| 第四章 数据链路层广域网协议 | (159) |
| 概述 | (160) |
| 第一节 高层 | (163) |

| | |
|---------------------|---------|
| 数据链路层协议..... | (163) |
| 可靠的广域网网络..... | (163) |
| 练习..... | (165) |
| 第二节 HDLC..... | (166) |
| HDLC 操作..... | (166) |
| HDLC 协议..... | (167) |
| 练习..... | (170) |
| 第三节 SLIP 和 PPP..... | (171) |
| SLIP..... | (171) |
| 压缩的 SLIP..... | (172) |
| 点对点协议 (PPP)..... | (173) |
| 练习..... | (174) |
| 第四节 端到端连接..... | (175) |
| 连接到 Internet..... | (175) |
| 练习..... | (176) |
| 本章小结..... | (177) |
| 第五章 高层广域网协议..... | (179) |
| 概述..... | (180) |
| 第一节 ISDN 概念..... | (186) |
| 综合数字网络 (IDN)..... | (186) |
| ISDN 服务..... | (187) |
| 练习..... | (188) |
| 第二节 ISDN 协议..... | (190) |
| ISDN 协议..... | (190) |
| ISDN 用户前端设备..... | (192) |
| ISDN 参考点..... | (193) |
| 练习..... | (194) |
| 第三节 ISDN 的实现..... | (195) |
| ISDN 应用..... | (195) |
| 基本网络连接..... | (195) |
| 远程局间的网络互连..... | (196) |
| 按需拨号远程连网..... | (197) |
| 网络冗余和溢出..... | (197) |

| | |
|--------------------------|---------|
| 练习 | (198) |
| 第四节 帧中继概念 | (199) |
| 什么是帧中继 | (199) |
| 帧中继术语 | (201) |
| 练习 | (201) |
| 第五节 帧中继协议 | (203) |
| 永久电路和虚电路 | (203) |
| 帧中继帧 | (204) |
| 帧中继寻址 | (206) |
| 通过帧中继实现局域网互连 | (207) |
| 练习 | (208) |
| 第六节 帧中继的实现 | (209) |
| 帧中继实现方案 | (209) |
| 终端用户接入帧中继网络 | (211) |
| 帧中继和专用线路网络 | (212) |
| 帧中继服务 | (213) |
| 公用帧中继服务 | (214) |
| 按需带宽 | (214) |
| 条件突发 | (215) |
| 运营商选择 | (215) |
| 帧中继网络需求 | (216) |
| 练习 | (216) |
| 第七节 X.25 | (218) |
| X.25 服务 | (218) |
| X.25 协议 | (219) |
| 包装拆器 (PAD) | (220) |
| PLP | (221) |
| 开销和性能的局限性 | (223) |
| 练习 | (224) |
| 本章小结 | (225) |
| 第六章 广域网解决方案 | (229) |
| 概述 | (230) |
| 第一节 ATM 概念 | (233) |

| | |
|-------------------------|---------|
| 对 ATM 的需求 | (233) |
| 传送模式 | (234) |
| 定长信元 | (238) |
| 信头细节 | (238) |
| B-ISDN 和 ATM | (239) |
| 练习 | (244) |
| 第二节 ATM 的实现 | (245) |
| 虚通路和虚通道 | (245) |
| 运行中的 ATM | (246) |
| ATM 通信 | (248) |
| 基于 SONET 的 ATM | (249) |
| ATM 局域网 / 广域网解决方案 | (249) |
| 练习 | (250) |
| 第三节 ATM 设备 | (252) |
| ATM 设备分类 | (252) |
| ATM 网络 | (255) |
| 练习 | (256) |
| 第四节 SMDS | (257) |
| SMDS 的基本特性 | (257) |
| 用户网络接口 (SNI) | (258) |
| SMDS 协议 | (259) |
| DXI | (260) |
| SMDS 优缺点 | (262) |
| 练习 | (262) |
| 第五节 网络范例 | (264) |
| 网络在机构中的作用 | (264) |
| 机构用到的主要应用程序 | (264) |
| 通用连接策略 | (265) |
| 总体广域网 / 局域网拓扑结构 | (266) |
| 未来的增长计划和升级策略 | (266) |
| 练习 | (266) |
| 本章小结 | (268) |
| 第七章 基于广域网技术的通信融合 | (273) |

| | |
|---------------------------|---------|
| 概述 | (274) |
| 第一节 语音传输技术 | (280) |
| 历史 | (280) |
| 市场的推动作用 | (281) |
| 基于 Internet 的语音传输 | (282) |
| 基于帧中继的语音传输 (VoFR) | (282) |
| 基于 ATM 的语音传输 | (284) |
| 市场发展方向和趋势 | (284) |
| 练习 | (285) |
| 第二节 VoIP 网络构件 | (286) |
| ITU-T H.323 标准概述 | (286) |
| H.32x 系列的其他标准 | (287) |
| H.323 网络构件 | (287) |
| MGCP | (289) |
| 练习 | (291) |
| 第三节 推动分组电话需求的因素 | (293) |
| 开放标准, 开放市场 | (293) |
| 更多带宽 | (294) |
| 电信运营商应用 | (294) |
| 企业应用 | (295) |
| 语音趋于免费 | (295) |
| 透明技术 | (295) |
| 改进的网络管理 | (296) |
| 网络的灵活性和可伸缩性 | (296) |
| 新的应用 | (297) |
| 练习 | (298) |
| 第四节 专用 VPN | (299) |
| 专用通信网 | (299) |
| 节省费用 | (301) |
| 提高效率 | (302) |
| 增加用户满意度 | (302) |
| 练习 | (303) |
| 第五节 PSTN 远程访问 | (304) |

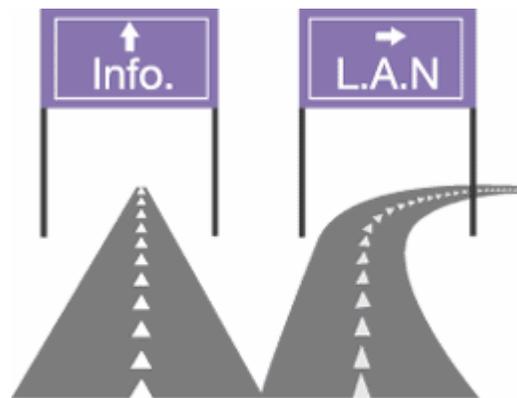
| | |
|-----------------|---------|
| 远程访问应用 | (304) |
| 拨号访问 | (304) |
| ISDN 访问 | (305) |
| DSL 访问 | (306) |
| 练习 | (307) |
| 本章小结 | (309) |
| 附录 A 课程测验 | (313) |
| 术语索引 | (321) |



第一章

广域网基础

- 1 网络分类
- 2 电信网络
- 3 语音网络
- 4 语音网络技术
- 5 PBX 基础
- 6 PBX 特性与功能
- 7 语音网络上的计算机信号
- 8 语音信号的数字化
- 9 综合服务
- 10 电信机构



概 述

本章集中讨论本课程要用到的基本概念。本章所涵盖的一些概念在《网络基础》课程中已有详细的介绍，在此给出这些概念是为了更好地学习广域网（WAN）。

术语

Amplitude Modulation (AM) 幅度调制

AM 是使载波的振幅随调制信号的变化规律而改变的调制方式。

Analog 模拟

模拟信号是电流波形。通过电话听筒将人的声音变化调制到模拟信号上，就产生了以惟一电波形式表示人的声音的新信号。

Asynchronous Transfer Mode (ATM) 异步传送模式

ATM 是由多个 ATM 交换机组成的信元交换网络，可以将单个信元转发到最终目的结点。ATM 可以提供音频、数据和视频传输服务。

Automated Attendant 自动话务台

自动话务台是自动应答进入的呼叫并使呼叫者能按照录音提示将自己路由到一个分机的设备。

Automatic Call Distributor (ACD) 自动呼叫分配器

ACD 是一种可编程系统，它控制输入呼叫的接收、保持、延迟和处理，并分配给呼叫中心代理。

Automatic Route Selection (ARS) 自动路由选择

自动路由选择（ARS）也称为最低成本路由选择（LCR），它是一个交换软件模块，能够使用户对系统进行编程，以通过选择最佳的公司及其提供的服务来路由个人呼叫。

Busy Hour 忙时

忙时是指在一天内网络或办公室电话系统承载通信量最大的 1 小时。

Call Detail Report (CDR) 呼叫详细报告

CDR 是对所有呼叫及其持续时间的分项记录报告，用于呼叫计费。

Central Office (CO) 中心局

CO 是指电话公司在本地环路终结的地方设置的一种装置。CO 的功能是通过一系列交换机将单个电话连接起来，将 CO 分层次捆绑在一起可以提高交换效率。CO 的其他称呼有本地交换中心 (Local Exchange) 配线中心 (Wiring Center) 和端局 (End Office)。

Channel 信道

一般而言，信道是两台或两台以上通信设备之间的通信路径。信道也叫做链路 (Link) 线路 (Line) 电路 (Circuit) 和路径 (Path)。

Circuit 电路

电路是两台通信设备之间的物理连接。

Class of Restriction (CoR) 限制类别

限制类别 (CoR) 用以控制 PBX 中继线上呼叫的发起和终止。CoR 控制呼叫的路由选择、识别等。

Class of Service (CoS) 服务等级

在电信领域，服务等级 (CoS) 是分配给一个特定分机的特权和服务的总和。在数据领域，CoS 是对特定数据流量种类的优先权或其他区别对待方式的定义。也称为限制等级 (CoR , Class of Restriction)。

Coder-Decoder (Codec) 编解码器

Codec 是一种硬件设备，能够接收模拟信号，并将其转换成相应的数字化表示形式。

Digital Data Service (DDS) 数字数据服务

DDS 表示数字数据服务 (也叫数据电话数字服务 , Dataphone Digital Service)，是由提供数据通信数字设备的电话公司开设的一系列服务。DDS 有多种传输速率，包括 2.4 kb/s, 4.8 kb/s, 9.6 kb/s 和 56 kb/s。

Dataphone Digital Service (DDS) 数据电话数字服务

见 “ Digital Data Service ”。

Dense Wavelength-division Multiplexing (DWDM) 密集波分复用

DWDM 利用多个光波长通过单根光纤传输信号，其中每个波长（或信道）能承载速率达 2.5 Gb/s 或更高的数据。每根光纤的可用信道在 50 个以上。

Direct Inward Dialing (DID) 直接拨入

直接拨入 (DID) 是 PBX 直接将呼叫路由至特定分机（由最后 4 位数字识别）的过程。输入中继线都必须专门进行配置，以支持 DID。

Direct Inward System Access (DISA) 直接系统接入

DISA 是通过长途线路或免费长途线路拨号进入一个电话系统，以使用内部电话系统服务和性能的方法。例如，远程用户可通过免费 DISA 线路拨入公司 PBX，然后使用公司的长途服务。

Duplex 双工

双工是指同时在两个方向上传输数据的过程，又叫做双工传输（Duplex Transmission）或全双工（Full-duplex）。

End Office 端局

端局是指电信公司在本地环路终结的地方设置的一种装置。端局的功能是通过一系列交换机将单个电话连接起来。将端局分层次捆绑在一起可以提高交换效率。端局的其他名称有本地交换中心（Local Exchange）、配线中心（Wiring Center）、中心局（Central Office）和公用交换中心（Public Exchange）。

Extension 分机

分机是指通过电话线连接到 PBX / 交换机的语音终端。

Federal Communications Commission (FCC) 联邦通信委员会

FCC 是根据 1934 年的通信法案（Communications Act）而建立的一个独立的美国政府机构，它直接对国会负责。FCC 的职责是对州际通信和国际通信进行协调，包括无线、电视、卫星和有线通信等。

Guardband 保护带

保护带是防止相邻传输信道之间重叠而设置的未用频带。例如，分配给两个相邻无线基站的频带之间就是由一个无发射的保护带分隔开的。

Hertz (Hz) 赫兹

1 Hz 是每秒 1 个正弦波 (电波) 周期。1 MHz 是每秒 100 万个周期。

Hunt Group 寻线组

寻线组是选定一组中继线或代理, 用来共同为一些专用呼叫提供具体的路由选择。

Hypertext Markup Language (HTML) 超文本标记语言

HTML 是用来从类属上对 Web 页文本进行格式化的一种基于文本的语言。HTML 按照文档的功能而不是其外观对其不同的部分做标记。Web 浏览器根据其 HTML 格式化标记和浏览器的默认设置来读取和显示一个 HTML 文档。

Integrated Services Digital Network (ISDN) 综合业务数字网

ISDN 是一种数字多路复用技术, 可通过单个本地环路传输语音、数据和其他通信形式。ISDN-BRI 提供 2 条 64 kb/s 的载荷信道 (B 信道) 和 1 条 16 kb/s 的控制信道 (D 信道); ISDN-PRI 也称为 T1 服务, 它提供 23 条 64 kb/s 的 B 信道和 1 条 16 kb/s 的 D 信道。

Interexchange Carrier (IXC) 长途交换公司

IXC 是在不同的 LATA 之间提供电话和数据服务的长途公司, 如 AT&T, MCI 等。

International Standards Organization (ISO) 国际标准化组织

国际标准化组织 (ISO) 是经联合国特许的一个自发组织, 负责定义除电力和电子之外的所有领域的国际标准。

International Telecommunication Union (ITU) 国际电信联盟

ITU 是一个制定国际电信标准的团体, 设在瑞士日内瓦。ITU 是负责采纳国际电信管理条约、规定和标准的联合国机构。

Leased Line 专线

由于早期的模拟电话线路有噪音, 电话公司常常将线路“租借”给公司, 供他们连续、不间断地使用。这些租借线路也叫做“专线”。

Least-cost Routing 最低成本路由选择 (LCR)

见“Automatic Route Selection (ARS)”。

Local Access and Transport Area (LATA) 本地接入传输区域

LATA 是地理上的呼叫区域，在此区域范围内本地交换公司 (LEC) 可提供本地和长途服务。

Local Exchange Carrier (LEC) 本地交换公司

LEC 是为用户的家庭和企业提供电话连接和电话服务，并收取服务费用的公司。

Local Loop 本地环路

本地环路或用户线环路是从家庭或公司延伸到电话网络中的第一台交换机的连线，又叫做“最后一公里”。

Modem 调制解调器

Modem 是“modulator/demodulator”的缩写，用来将二进制数据转换成适合于在电话网络上传输的模拟信号。

Multiplexer (MUX) 多路复用器

多路复用器 (MUX) 是使多个信号能在同一物理介质上传输的计算机设备。

Packet Switching 包交换

包交换是将数据以包的形式通过网络传送的过程。帧中继和 X.25 网络都是包交换网络的例子。

Pair Gain 线对增容

线对增容是指用较少的物理电话线来复用给定数量的电话会话。

Point of Presence (POP) 出现点

POP 是两个网络之间的物理传输点。在大多数情况下，POP 是与 LEC 的 CO 位于同一座建筑的 CO 交换机，但也可以指 ISP 的 Internet 接入结点。

Port 端口

在连网时，“端口”这个词主要有两种含义。端口可以指设备的物理端口，例如交换机或多路复用器上的端口；也可以指软件端口，即往往用于识别计算机中的软件进程的编号。

Private Branch Exchange (PBX) 专用小交换机

专用小交换机 (PBX) 是将一个专用网络的电话用户 (如一个企业) 连接到外部电话公司线路的设备。现在的 PBX 都是全数字的, 不仅提供非常先进的语音服务 (如语音消息), 而且提供语音和数据的综合业务。

Pulse Code Modulation (PCM) 脉冲编码调制

PCM 是将模拟语音信号转换成经传输后可以精确还原成语音信号的方法。编解码器 (Codec) 对语音信号每秒取样 8 000 次, 然后以非常紧凑的形式将每个样值转换成表示该样值振幅和频率的二进制数。这些二进制数被传送到目的结点。接收端的 Codec 执行相反的过程, 用二进制数流重构模拟语音的原始波形。

Signaling 信令

信令是电话系统用来表示呼叫状态的方法。信令用来建立和强拆呼叫, 还表示与呼叫处理有关的交换局和 PBX 的呼叫接续过程。

Simplex 单工

单工传输是指只在一个方向上传输数据的过程。

Telephony 电话

电话是指语音信号的长距离传输 (例如, 采用交换机、电话机和传输介质等电话设备)。

Time-Division Multiplexing (TDM) 时分复用

TDM 是通过给每一路信号分配固定的时隙, 在同一传输链路上传输多路信号的复用技术。

Trunk 干线, 中继线

干线是指电话网络中端局之间的物理连接。中继线是专用小交换机 (PBX) 与中心局 (CO) 交换机之间的连接。

Wavelength-division Multiplexing (WDM) 波分复用

见 “Dense Wavelength-division Multiplexing (DWDM)”。

X.25

X.25 是一种出现年代比较早的包交换协议, 其接口位于 OSI 模型的第 3 层而不是第 1 层。X.25 协议定义了一个由 3 层协议组成的协议栈。

第一节 网络分类

依据延伸的距离以及用于连接结点与网络的设备类型，可以将网络分成 4 种不同的类型：局域网（LAN）、园区网、城域网（MAN）与广域网（WAN）。本节将学习这 4 种主要网络类型。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 列出对计算机网络进行分类的 4 个常见术语
- ▶ 描述不同网络类型之间的区别

关键知识点

- ▶ 多个局域网之间是用广域网技术和设施进行长途连接的。

局域网

一个局域网（LAN）可以包含几个结点，如图 1.1 所示，也可以包含几百个结点。但是局域网一般是局限在一个建筑物内的。可以将几个网段以特定方式连接起来，组成一个更大的局域网。网段是网络的一部分，其中的所有结点都直接连接在一起。例如，所有的结点可以通过导线连起来，也可以连接到中心集线器（参见图 1.1）。

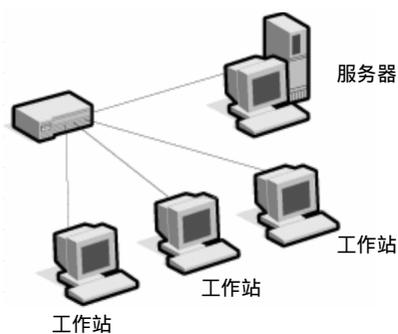


图 1.1 局域网

园区网

不同的局域网，其规模和连接的计算机数量是不同的。但是，它们通常是由一个建筑物内的计算机组成的。当一个单位的计算机需要跨越多个建筑物进行连接时，整个计算机集合通常被称为园区网（Campus Network）。因此，园区网是由几个局域网以某种方式连接在一起而形成的覆盖整个园区的网络。

在单位的网络设施中，将一些局域网连接到另外一些局域网就可以建立园区网。换句话说，将局域网连接到一起以形成园区网的连网设备是属于某个单位的。如果所有的连网设备属于一个单位，就将这些设备称为专用设备。图 1.2 显示了一个典型的园区网。

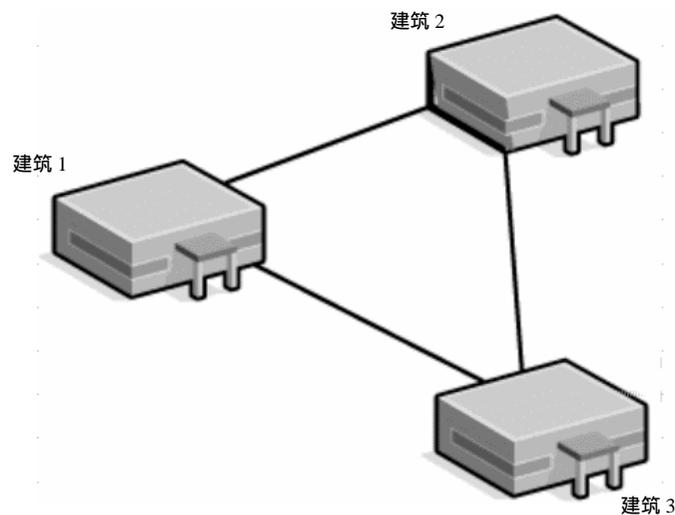


图 1.2 园区网

城域网

城域网（MAN）正处于发展阶段，它主要是数据通信公司（电话公司）为了适应城市范围内的局域网互连的需要而开发的。例如，一个公司可能要通过本地电话公司提供的服务，将它在全市范围内的几个办公室连接到一起。

城域网和园区网的一个主要区别是园区网采用专用设备为各个局域网提供互连，而城域网采用公用设备为城区内各个局域网提供互连。

广域网

将某个地域内或者全球的局域网连接在一起，可以形成更大的网络，称为广域网（WAN）。为了连接多个城市的局域网，往往既需要使用本地公用设备，也需要使用长途公用设备。图 1.3 给出了一个典型的跨越多个城市的广域网。在每个城市中，可能有局域网、园区网和城域网连接。网络的广域网部分是提供城市间通信的连接。当有信息发送给另外一个城市的计算机时，信息才通过网络的广域网部分传输。

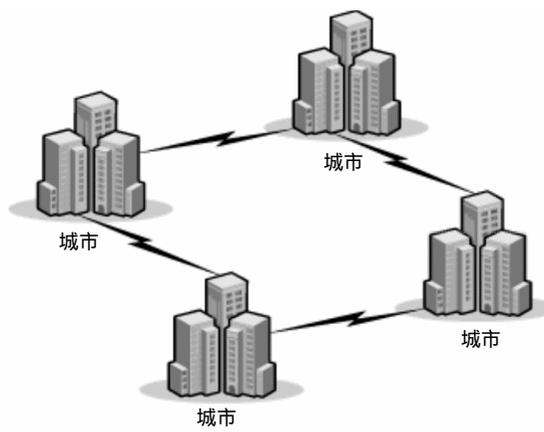


图 1.3 广域网

广域网通常是网络中最应该详细研究的部分，因为它的价格最昂贵。综合连网的许多方面来考虑，设备速度越快，其价格就越高，广域网通常也是这样。随着广域网电路速度的提高，电路的成本也会增加。我们将看到，用各种广域网电路和设备连接局域网有多种选择方案。

练习

1. 一个城市南部的一组计算机与市中心的另外一组计算机连接在一起。可以将这个网络称为：

- a. 广域网
- b. 城域网
- c. 局域网

-
- d. 园区网
2. 一个多层建筑中一组计算机连接在一起，可以称之为：
 - a. 广域网
 - b. 城域网
 - c. 局域网
 - d. 园区网
 3. 丹弗的一组计算机与旧金山的另外一组计算机连接在一起。可以称其为一个：
 - a. 广域网
 - b. 城域网
 - c. 局域网
 - d. 以上都不对
 4. 描述企业在成长过程中是如何需要本节介绍的 4 种不同类型的网络的。
 5. 讨论本节描述的网络类型之间的主要区别。介绍你单位使用的网络的类型。

补充练习

1. 确定你所在的单位目前使用的是哪种类型的局域网。
2. 确定你所在的单位是否有园区网。
3. 描述你所在的单位网络的局域网和园区网特性。
4. 确定你所在的地区可使用的城域网服务，可以通过 Internet 或者电话号码本查询。
5. 确定你所在的地区可使用的广域网服务，可以通过 Internet 或者电话号码本查询。

第二节 电信网络

电信 (Telecommunication) 的含义是指“长距离通信”。这个术语最初表示在铜线上传输语音信号 (会话)。网络本来是为在两部电话之间传递语音信号而设计的,现在可以有多种用途。本节主要学习电信网络的发展及其目前的一些应用。

学习目标

本节结束之后,应该能够:

- ▶ 了解电信网络的发展及其基本应用

关键知识点

- ▶ 电信网络传输的不仅仅是语音。

电信网络的发展

从最广的角度来看,今天的电信网络主要经历了 4 个发展阶段:

- ▶ 19 世纪末期开始的、历时 75 年的模拟语音网络;
- ▶ 模拟语音网络向在计算机之间传输数字数据转变;
- ▶ 20 世纪 60 年代开始的模拟语音网络向数字语音传输技术转变;
- ▶ 数字语音网络向数据通信转变,开始于 20 世纪 80 年代早期,用 T1 传输数据并沿用至今,有了 ISDN 和 ATM 等技术的应用。

1874 年, Alexander Graham Bell 发现:通过电流强度变化,可以在导线中用电流传送声音。此电流对应于人类发出的声音造成的空气密度的变化。1876 年 2 月 14 日, Bell 先生申请了电话发明专利。1876 年 3 月 10 日,他在导线上发出了电流传送的第一句话。

如果不是因为客观需要而产生一些连接方式的变化,电话就没有多大的用处。1878 年,在美国康涅狄格州的 New Haven 建立了第一个交换局。这是后来称为中心局 (CO) 的所有局的前驱。CO 交换机提供了电话服务用户之间的任意连接,如图 1.4 所示。

直到 20 世纪后半叶,电信网络仍然专门用于传输模拟语音信号。随着计算机和语音数字化 (后面将讨论) 的出现,电信网络开始从严格的模拟网络向数字网络转移。不论信息是语音信号的数字化表示,还是计算机数据等其他类型的信息,今天的电信基础设施都是基于数字信息的传输的。

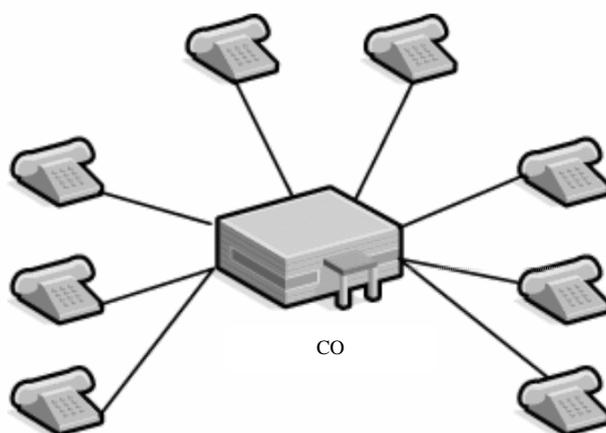


图 1.4 中心局 (CO) 交换机

不只是文字通信

今天, 传送语音、数据和视频信号的通信系统遍布全球。信息可以通过卫星反射回来, 也可以直接通过横穿整个海洋的线缆进行传输。在深夜操作的计算机系统可以接收到当时正是正午的地方传来的信息。现在, 曾经只用于传输语音会话的网络已经成为可以进行多种形式通信的基础设施。网络的使用不断频繁, 通过网络提供的服务也将越来越多。

练习

1. 电信网络能传输什么类型的信息?
2. 在过去的几年中, 通过电信网络传输的信息内容是如何变化的?
3. 如果语音通信 (比如电话技术) 不存在, 将对生活产生什么样的影响?
4. 描述电信网络的发展过程。

补充练习

1. 利用 Web, 研究电话的发明和电话业的早期发展。
2. 研究你所在地区可用的利用铜缆进行的通信服务。

第三节 语音网络

早期的电信网络只能用于传输语音，而且完全是模拟的。今天的网络主要是数字的，可传输所有类型的家用信息和商用信息。本节主要讲述模拟语音网络和相关的技术。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述电信网络的基本应用
- ▶ 理解 CO、本地环路和模拟信号等术语
- ▶ 理解干线的功能

关键知识点

- ▶ 早期的语音网络是基于模拟信号的。

模拟网络的连接

在电信的早期，语音是作为连续变化的电信号通过用户（电话使用者）的听筒和 CO 之间的一对线路（本地环路或用户线环路）传输的。图 1.5 给出了一个典型的模拟电路。在使用数字拨号以前，CO 都是有名字的，比如“Prospect”或者“Elgin”，因此电话号码以中心局名的缩写开头，例如 PR6-6178 或者 EL3-1978。

其中电信号的频率大约是 300 ~ 3400 Hz（周每秒）。尽管人类可以听到大约 20 ~ 20000 Hz 的频率，但是大部分的语音能量集中在 300 ~ 3400 Hz 的范围内。

早期的电话 CO 通过人工接线员进行交换，在 20 世纪 30 年代实现了自动交换。在数字拨号以前，使用机电式交换机和纵横制交换机连接用户线。电话带有旋转拨号盘，可以为每个拨号数字产生一个电脉冲（“1”产生 1 个脉冲，“2”产生 2 个脉冲，依此类推，“0”产生 10 个脉冲）。脉冲“推动”交换机建立连接。

干线用于 CO 之间的连接。随着 CO 数量的增加，就必须快速将电话系统组织成层次结构。即使在一个大城区，要想连接所有的 CO，需要的干线就太多了，更不要说连接全国的 CO 了（今天，全美国有 20000 个以上的 CO）。将每一个 CO 连接到一个收费中心，再用干线将收费中心连接起来，这样所需要的干线就少得多了，而区域内的任何用户仍可以到达区域内的其他任意用户。随着时间的推移，就建立了一个连接美国所有 CO 的分层结构。

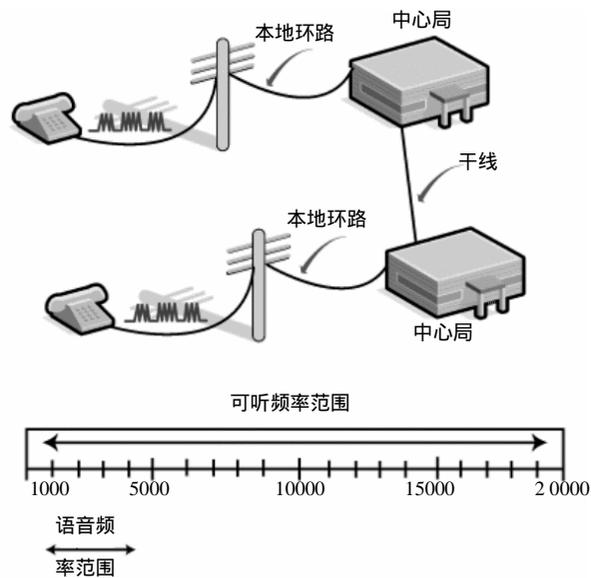


图 1.5 模拟语音电路

干线的减少

在一个全“网状”网络中，连接一个区域内的所有 CO 的干线的数量从地理上来讲增加了，因此即使只是很少数量的 CO 也需要很多的线路。因为彼此相距遥远的 CO 之间干线的使用率本来就相当低，所以这些 CO 也通过连接到收费站的星状网络互连。这种分层结构扩展到了 4 个更高的层。图 1.6 显示了 AT&T (美国) 和国际电信联盟电信标准署 (ITU-T) (国际) 标准的符号和命名方法。

虽然每个中心都连接到了下一个最高中心，但是通常在两个中心之间会有很大的数据流量，例如地理位置比邻的两个 CO 之间。可以安装利用率高的干线来处理这种流量，而不是通过分层进行路由。这在图 1.6 中用虚线表示。

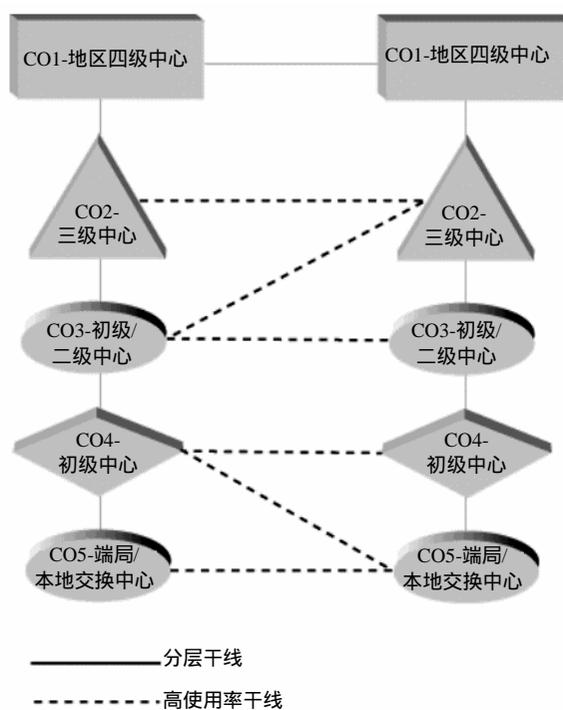


图 1.6 中心局层次

练习

1. 本地环路又可称做什么？能提供哪些业务？
2. 为什么必须建立 CO 层次结构？
3. 为什么通过电话很难听到高保真音乐？
4. 描述干线的功能及其在 CO 层次结构中的作用。

补充练习

1. 研究并描述在我国有多少种电话局，地区中心局在哪里？
2. 如果可能的话，去参观电话公司，学习如何进行电话交换。

第四节 语音网络技术

随着电信网络的发展,通信方式也在发展,物理电路的效率不断提高而成本不断降低。对于模拟语音网络来说,有两种重要的技术:双工和频分多路复用(FDM)。

学习目标

本节结束之后,应该能够:

- ▶ 描述模拟多路复用器的基本操作
- ▶ 理解单工、半双工和全双工的概念

关键知识点

- ▶ 多路复用器用于将多个语音会话组合在一起传输。

模拟技术

由于数据通信主要是通过公用电信网络进行的,因此理解这些网络的运行方式不仅对于数据通信非常重要,而且对于语音通信也非常重要。网络是为语音通信而不是为数据通信设计的,因此影响了它们的数据应用。在任何情况下,语音、数据和其他信息资源都将越来越多地通过 ISDN 等集成设备来传输。

首先来看一下模拟技术。虽然目前在语音传输中已经不再经常使用模拟技术了,但是仍然有必要将理解这种技术作为背景知识。另外,在某些地方仍然在使用一些模拟技术(比如 FDM),在调制解调器中使用的是一种 FDM 技术。

在模拟网络中,最基本的电话电路是由两根导线构成的,如图 1.7 所示。

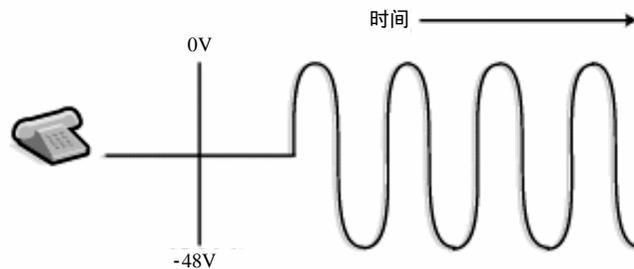


图 1.7 模拟电话电路

通过在电路中设置 -48V 的电压，并利用说话者的声音施加在麦克风上的声能来改变电流，可以双向传输语言信号（如果双方同时说话，就同时传输）。其结果是在还原人的声音所需的频率范围内，产生了经调制的脉动直流电流（DC）。

如前所述，最终标准规定的频率范围是 $300\sim 3400\text{Hz}$ 。根据声音大小的不同，脉动电流的振幅不同。例如，如果要用一种乐器向话筒发出 500Hz 的连续音符，就会有一个 500Hz 的信号在电话线中传输，其振幅在 $0\sim -48\text{V}$ 之间波动，平均幅度是由音调的响度决定的。

早期的电话

早期的电话系统将每个用户连接到中心交换局，接线员在中心交换局提供用户之间的手动切换。将用户连接到CO的线路叫做本地环路。由于电话系统的主要成本是将用户连接到CO的线路，因此CO所覆盖的地理区域相对比较小，CO之间通过所有用户可以分享的“干线”连接到一起，如图1.8所示。

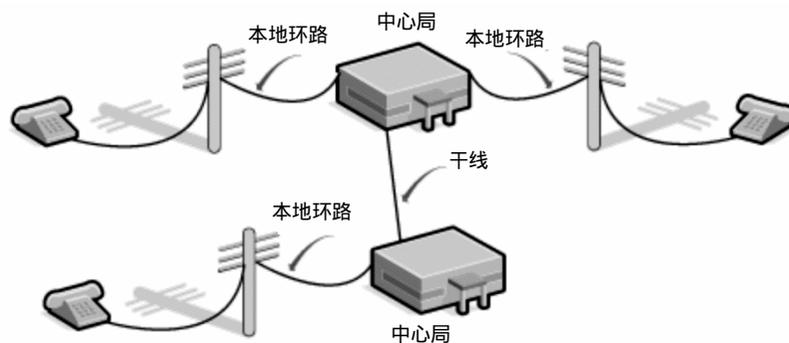


图 1.8 本地交换

频分多路复用 (FDM)

长途干线的建设是很昂贵的，但是即使是第一条长途电话线所用的简单铜线，它所能传输的电信号的带宽也比传输语音信号所需的带宽要宽得多。开发 FDM 就是为了让只有两对线路的干线同时传输多路语音会话。由于最初开发的 FDM 技术有很多局限性，一个语音信道的标准带宽是 4000Hz 。其中， $3400\sim 4000\text{Hz}$ 之间的 600Hz （也可称之为保护带）用来隔离多路复用线路上的信道，以避免信道之间的干扰。

FDM 允许多路语音信号同时一条干线上传输(多路复用),如图 1.9 所示。由于 FDM 的细节过于技术化,在此无法全面解释,只介绍其基本原理。

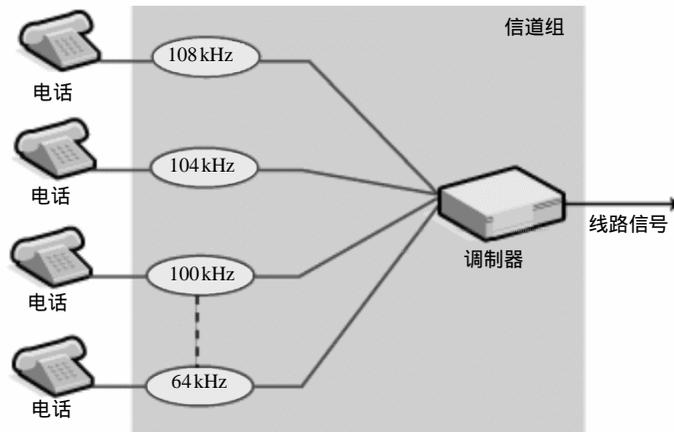


图 1.9 信道组

假设希望复用 12 路语音,则用以复用的干线可以传输的信号频率为 60 ~ 108 kHz。

进行 FDM 传输复用的设备称为信道组。多路复用数字化语音信号的类似设备也称为信道组。下面简要说明了模拟信道组是如何用 FDM 来复用语音信号的。

信道组产生 12 路载波信号。每路载波是一个特定频率的稳定的信号。按照惯例,信道 1 代表最高频率(108 kHz),信道 2 代表 104 kHz,依此类推,直到 64 kHz 的信道 12。

信道组将每个信道的语音信号与该信道的载波信号混合在一起。这个过程参见图 1.9。它将 0 ~ 4 kHz 的信号转换为其频率介于载波频率与载波频率减去 4 kHz 之间的信号。例如,信道 12 的信号频率介于 64 kHz (分配频率)和 60 kHz (64 kHz 减去 4 kHz)之间。

最后在传输之前,信道组将来自混合器的 12 路输出信号同时调制到输出线路上。由于每个信号都限制在自己的频带中,所以这种调制是可以做到的。干线上的信号频率介于 60 kHz 和 108 kHz (信道 12 的最低频率到信道 1 的最高频率)之间。

在接收端,设备用 12 个滤波器将信号进行分路。滤波器是一种电子设备,只允许特定频率范围的信号通过。在本例中,每个滤波器只允许其信道带宽内的信号通过。例如,信道 12 的滤波器只允许 60 ~ 64 kHz 范围内的信号通过。因此,滤波器的输出是只在其频率范围内的信号。

然后再将信号进行解调,恢复原来的语音信号。这是混合过程的逆过程。例如,对于信道 12 来说,介于 60 kHz 和 64 kHz 之间的信号要减去 60 kHz,以便产生原来的语音信号 0 ~ 4 kHz。

双工通信

尽管对于距离相对较短的典型本地环路来说,双线传输可以满足要求,但距离较长时,由于需要双向传送信号,双线传输就会出现严重问题。此时信号必须经过放大,当信号仅在一个方向传输时,进行放大要容易得多。因为这个,还有其他一些原因,干线采用双工传输,也就是说,使用两对线(四线)。每对电话线只在一个方向上传输,但两对电话线可以同时两个方向上传输。这种通信方式称为全双工通信,如图 1.10 所示。

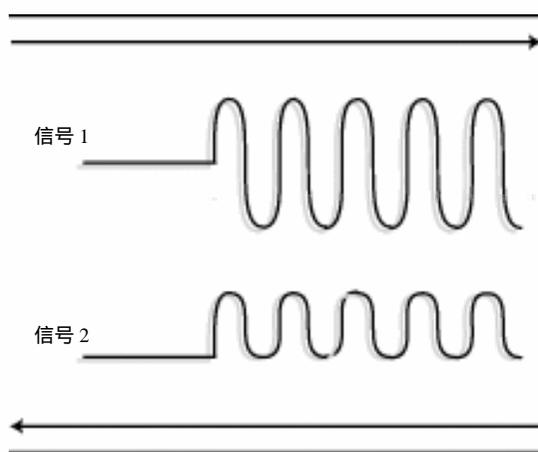


图 1.10 全双工通信

数据通信术语“半双工”和“全双工”与电话术语“二线”和“四线”密切相关,但其含义不是完全等同的。半双工电路是指提供双向传输、但是同一时间只提供单向传输的电路。全双工电路是指同时提供双向传输的电路。一个端到端、四线的电路提供全双工的能力。但是,只要将可用带宽分解成每个传输方向所需的独立频带(派生四线),二线电路也可以用于全双工通信。在使用拨号(二线)设备进行全双工数据传输时,通常使用这种技术。另一方面,四线电路的存在并不一定表示通过同时使用两对电话线就可以实现全双工传输。

专用小交换机(PBX)

在一个大公司或其他机构安装了许多电话后,由于各种原因人们希望安装一个小交换

机。在以前不违反规定的日子里，这些专用小交换机（PBX）是从电话公司租来的，是端局中使用的同一技术的延伸。利用 PBX，外部呼叫者可以拨一个单一号码到该单位，再由接线员将他们的呼叫转给相应的人。图 1.11 显示了一个 PBX。PBX 可以交换内部呼叫，而不必通过 CO。当电话呼叫的是外部设备时，PBX 会将呼叫路由到本地交换机上。

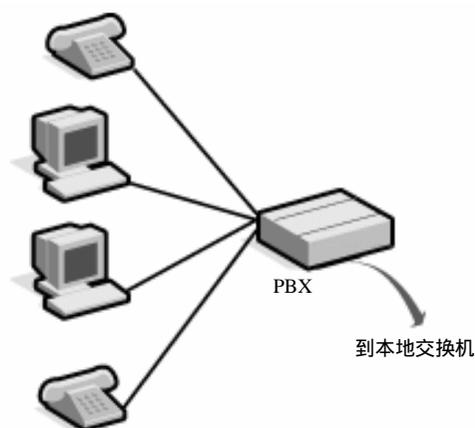


图 1.11 专用小交换机

练习

1. 全双工方式总是需要使用“四线”传输，对吗？
2. 多路复用是如何减少网络中物理电路的数量的？
3. 多路复用是如何降低电信网络的构建成本的？
4. 保护带的作用是什么？
5. 简要描述信道组的功能。
6. 专用小交换机是怎样与中心局的交换功能相关的？

补充练习

1. 利用 Web，确定下面每个频段的频率范围：
 - a. 极低频（ELF）
 - b. 亚低频（ILF）
 - c. 甚低频（VLF）
 - d. 低频（LF）

- e. 中频 (MF)
 - f. 高频 (HF)
 - g. 甚高频 (VHF)
 - h. 特高频 (UHF)
 - i. 超高频 (SHF)
 - j. 极高频 (EHF)
 - k. 超极高频 (THF)
2. 利用 Web, 查找以上这些频率范围用于通信中的什么地方。

第五节 PBX 基础

专用小交换机 (PBX) 是一种电话交换机, 它在许多方面与中心局 (CO) 交换机类似。PBX 控制对外线的使用, 但它使得电话连接对用户是不可见的。换言之, 用户必须通过按键来具体地选择一条外线, 而 PBX 用户只需拨一个外部呼叫, PBX 系统就会处理连接到外线的细节。

像 CO 交换机一样, PBX 也是功能强大的计算机化系统, 它提供了一整套复杂的功能。当企业电话线增长至 20~50 线时, PBX 通常具有很高的成本效益。对于园区环境中拥有上千部电话的企业来说, PBX 系统是必需的, 也是很经济的。

学习目标

本节结束之后, 应该能够:

- ▶ 描述 PBX 的主要组件
- ▶ 了解一个呼叫是怎样通过 PBX 建立的
- ▶ 说出直接拨入 (DID) 的定义
- ▶ 简要描述 PBX 的主要功能
- ▶ 简要描述常用的辅助 PBX 设备

关键知识点

- ▶ PBX 系统与 CO 交换机相类似。

PBX 组件

不同的 PBX 产品, 其性能以及包装和销售的方式存在很大的差异。然而, 大多数 PBX 的一般结构是类似的, 它们都包括下面的主要组件 (如图 1.12 所示):

- ▶ 连接 PBX 和电话公司的中继线
- ▶ 连接 PBX 和内部电话的分机线
- ▶ 设备柜: 包括主处理器、中继卡和站卡
- ▶ 电话机和话务控制台
- ▶ 管理终端

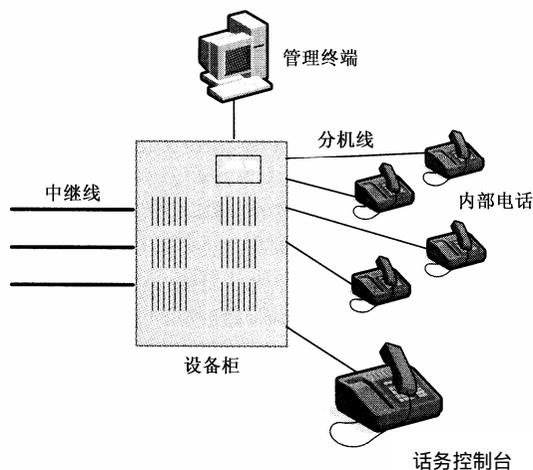


图 1.12 PBX 组件

中继线

PBX 和 CO 交换机之间连接称为“中继线”。中继线通常是大容量的连接，如 T1 和 ISDN 等（将在后面章节讲述）。每条中继线都可配置成入呼叫、出呼叫或双向呼叫。

和任何电子系统一样，PBX 需要一个恒定的电源。如果系统未配置备份电源，则某些中继线可以指配为电源故障转移（PRT）中继线。如果电源发生故障，这些中继线可切换到标准的单线电话，从电话线本身（来自 CO）而不是从 PBX 得到电源。这就使得企业可以继续应答呼入电话，直到电源恢复正常。

企业拥有的电话系统、企业需求和雇员呼叫模式不同，其中继线的配置就不同。例如，一个客户服务中心需要较多的呼入中继线，而异地销售企业需要较多的呼出中继线。

PBX 可连接 3 类外部网络：本地网、长途网和专用网。此外，许多系统还支持特殊的业务，如 T1 线路和到远方城市本地呼叫区域的外部交换（FX）中继线。PBX 的一个重要的特点，是在不同的产品之间存在各种各样的接口电路。

一种称为“用户线载波（SLC）电路”的专用系统，能够减少给企业提供多中继线所需的物理线对的数量。SLC 使用多路复用技术，使一个线对能承载多个呼叫通路。SLC 能够在单一的物理连接上提供 2~96 条独立的中继线。因为这种方法可有效地建立较多的连接，因而通常称之为“线对增容”技术。

分机线

从单一电话机到 PBX 的连接称为“用户线”或“分机线”。用户线都是铜双绞线，每条用户线的分机号由 PBX 管理员分配。

通常，分机线多于中继线。然而，企业的需求不同，其分机线与中继线的比例就不同。许多用户为每 10 个分机配置 1 条中继线，但外部呼叫频繁的企业可以为每 5 个或更少分机配置 1 条中继线。一般而言，随着内部分机的增多，大多数企业所需的外部中继线所占的比例会下降。

设备柜

设备柜是主设备房里的大金属盒，是 PBX 的心脏。它包含计算机化的处理器，执行电话交换和其他先进的功能；通常还包括电源，把 120 V 交流电 (AC) 转换为电话系统运行所需的低压直流电 (DC)。设备柜内的很多电路都包含在电路卡上。电路卡可插入到插槽内，与主处理器板相连，其中一些卡用来配备专门的辅助设备。电路卡主要有以下两类：

- ▶ 中继卡——包含与 CO 交换机通信所需的电路，每条中继线连接到一块中继卡上；
- ▶ 站卡——包含与内部电话分机通信所需的电路，每条用户线连接一块站卡。

中继线插入到设备柜的一边，与中继卡相连；用户线插入到设备柜的另一边，与站卡相连。PBX 的主处理器板在用户线和中继线之间、用户线 and 用户线之间建立连接。主处理器中执行呼叫交换的部分称为“交换网 (switching fabric)”。

老式的 PBX 是模拟系统。而今天的大多数 PBX 都是数字交换机，采用脉冲编码调制 (PCM) 和时分复用 (TDM) 技术在交换网内交换语音呼叫。PBX 是模拟的还是数字的，对用户 PBX 和 CO 之间的连接有很大的关系，因为数字 PBX 需要 ISDN 或 T1 之类的数字传输服务。

电话机和话务控制台

电话机同特定的 PBX 系统一起工作。当电话机被插入到“常规”电话线时，电话机将不工作。每部 PBX 电话机都具有可编程特性，可由公司电话系统管理员使能或使之失效。

话务控制台由办公室接待员或专门的 PBX 操作员使用，它实质上是一部大电话机。该控制台有很多功能键和控制键，执行专门的操作员辅助功能（将在后面讨论）。

管理终端

计算机工作站提供对 PBX 系统使用的管理，公司电话管理员使用该系统来配置各种可用的功能和选项。

通过 PBX 进行呼叫

在 PBX 环境下进行电话呼叫与使用公共电话网在家打电话很类似。当举起听筒把电话机放在摘机位置时，电话机就向 PBX 发出需要连接的信号，然后 PBX 向分机发送一个拨号音并等待拨号。

要呼叫位于同一 PBX 系统内的另一台分机，呼叫者可键入该分机的号码。当 PBX 检测到表示该号码第一个数字的音时，它从线上去掉拨号音。当整个分机号被键入时，PBX 向被叫分机发送一个振铃音，并在被叫方应答时连接两个分机。

要发起一个“外部”呼叫，呼叫者必须首先向 PBX 发信号，通常拨 9。这个特殊号码告诉 PBX，该呼叫将占用一条可用的呼出中继线。而后 PBX 发信号通知电话公司的 CO 交换机发送一个拨号音。这个二次拨号音确认呼叫者现在被连接（通过 PBX）到公用电话网。此时，呼叫者即可键入被叫方电话号码。

选定呼叫路由

PBX 的主要功能是将内部电话接入到电话公司提供的电信中继线。PBX 也可通过专用直达线路（Tie Line）接入到其他 PBX，如公司的其他办公地点。

如有必要，PBX 可进行呼叫排队或保持呼叫，直到有一条中继线可用。PBX 也可根据被叫号、呼叫者位置和其他参数来为每个呼叫提供客户路由选择的选项。也就是说，PBX 检查这些信息，并决定是通过内部网络、有折扣的长途公司还是专用数据服务来选定该呼叫路由。

一种被称为自动路由选择（ARS）的功能，使得电信管理者可根据每天的时段、呼叫类型和其他因素对不同的中继线进行编程。随着越来越多的用户通过 Internet 或公用数据网（PDN）发送语音呼叫，自动路由选择变得越来越重要。

PBX 的辅助功能

除了系统的核心功能外，PBX 还提供许多辅助服务：

- ▶ 呼叫保持——呼叫者可以被设置为保持状态，或者在停车轨道上其呼叫被搁置起来，直到被叫者用一访问码恢复呼叫。

- ▶ 音乐保持——当呼叫者等待时，他们能听到音乐或关于新产品和服务的消息。TechData 公司(一家计算机分销商)甚至把保持时间以广告的形式卖给一些公司。
- ▶ 寻线——如果第一个被叫分机正忙，则进入的呼叫可被路由到其他分机。在客户服务中心经常使用寻线功能，它帮助前台小姐在一组代理(称为“寻线组”)之间分配进入的呼叫。
- ▶ 呼叫限制或“限制的类别(CoR)”——可对 PBX 编程，以各种方式限制呼叫。这样做是为了防止用分机(如大厅接待电话)拨打长途呼叫。PBX 分机的编程可以做得非常细，甚至限制对某个号码的访问。
- ▶ 呼叫跟踪——通过要求呼叫者键入一数字码，可跟踪一个呼叫的许多方面。例如，法律公司可利用这一功能对律师代表其客户而发起呼叫的持续时间进行跟踪。

直接拨入(DID)

DID 把进入的呼叫直接和需要与之通话的公司职员连通。DID 是增加商户接触而减少 PBX 操作员负担的有效手段。在传统的 PBX 中，控制台操作员或自动话务台必须应答所有进入的呼叫并把它们连接到目标分机。但有了配备 DID 的 PBX 和电话公司的 DID 服务之后，进来的呼叫就可直接路由到 PBX 服务的各个分机和部门。

DISA

一个公司选择了合适的长途公司后，其电话费用会大大减少。然而，对于外部职员(如销售人员或区域服务代理)来说，为有关工作的呼叫访问低价载体常常是困难的。直接内部系统访问(DISA)允许外部呼叫者直接拨入 PBX 系统，然后从远方访问系统的功能和设施。DISA 通常用于公司职员在家里或远方使用公司较廉价的长途服务进行长途呼叫。要使用 DISA，使用者必须先拨打一个专门的访问号(通常免费)，然后键入一个短的口令代码。

虽然 DISA 给远方使用者带来方便，但一些非授权人员常常获得免费访问号，用它来偷取长途电话服务。随时改变口令代码可防止这种现象。当然，如果电话管理员限制 DISA 只对需要使用它的职员有效，并定期检查 PBX 的呼叫记录，以检测任何非正常使用方式，那是最好不过了。

电话机性能

PBX 电话机有很多性能可供选择。像对 CO 交换机进行编程一样，对线路和每台电话

机的性能进行编程是一个复杂的任务。

在大多数 PBX 系统中，差不多有上百种性能。然而，大多数用户只使用其中 2 至 3 种最常用的性能。根据习惯，用户必须通过按电话叉簧来使用这些性能。但为了便于用户理解和记忆，现在许多电话机都设有专门的功能键来使用一些常用的性能：

- ▶ 呼叫前送——可对一台分机编程，将进入的呼叫发送到另一台分机。
- ▶ 呼叫转移——在应答一个呼叫后，用户可将该呼叫转移到另一台分机。
- ▶ 广播寻呼——使用一个访问代码，用户可从电话分机广播通告。寻呼通常用于医疗中心、生产场所和零售商店等。
- ▶ 缩位拨号——常用的电话号码可编程为缩简的 2 位或 3 位数字访问代码。
- ▶ 呼叫拾取——如果一个人不在，则在他（她）桌上电话铃响时，来自同一个已定义工作组（称为“拾取工作组”）的任何其他人都可以通过输入访问代码来应答该呼叫。
- ▶ 消息等待灯——当用户有语音邮件时，电话机上的灯发光。如果电话机上没有消息灯，则通过警示音来向用户提示有新的语音邮件。若在呼叫期间或当用户提起电话要呼叫时有消息进入，则用户也可听到此警示音。

某些 PBX 电话机（如宾馆/旅店的电话机）为日益依赖电话/计算机的顾客提供一些专用性能。这些电话机提供两条线路、许多专用性能以及语音邮件。

话务控制台服务

PBX 系统一个最容易被忽视的部分，是将公司的第一印象提供给客户的人工操作员。尽管 PBX 操作员非常重要，但他们常常不被所工作的企业和所服务的客户所理解。电话操作员会收到猥亵呼叫、炸弹恐吓和个人恐吓，而且一般受到不公平对待。此外，大多数操作员很少甚至没有机会得到工作上的改善或提升。

但是，PBX 操作员通常是公司信息系统最重要的部分。他们知道每个人在哪里，谁移动到何处，以及出现紧急情况时要做什么。此外，他们可以利用 PBX 操作员控制台提供以下关键功能：

- ▶ 呼叫处理——PBX 操作员能够把进入的呼叫接到 PBX 分机。
- ▶ 公司号码帮助——PBX 操作员可提供分机号和直拨号。
- ▶ “与我会见”会议呼叫——在一次与我会见会议中，呼叫者拨预定电话号码和安全访问代码，可把他们连接到一个含有多至 6 人的电话会议呼叫。在某些情况下，会议的连接是自动的；在其他情况下，PBX 操作员迎接进入的呼叫者并把他们连

接到会议中，充当“会议的桥梁”。

- ▶ 夜间服务——当 PBX 操作员回家且关闭了控制台时，进入的呼叫可引导到大楼的每一部分机。用户可以通过分机拨打一个访问码来应答进入的呼叫。
- ▶ 预占线 (Camp on) ——PBX 操作员可将进入的呼叫设置为保持，等待正在进行呼叫的一个特定分机。一旦前面的呼叫通话结束，预占线功能就立即接通该分机。

管理报告

正如我们迄今已看到的，PBX 管理员对系统进行配置，保障系统正常使用，他们起着非常重要的作用。以下管理特性提供了通过 PBX 系统处理和完成的呼叫的详细信息。

CDR

大多数电信管理员不考虑他们自己的电话政策，而公司将非授权电话滥用视为盗窃公司财产。美国企业每年因电话欺诈而遭受的损失达 10 亿美元。

为帮助 PBX 管理员防止这类欺诈，大多数 PBX 系统具有记录所有呼叫并根据任何准则（包括日期、时间、被叫号、频繁被叫号、分机号和用户名）进行分类的能力。如有必要，PBX 报告可标识在某个时间呼叫特定号码的特定分机。

宾馆/旅店 PBX 能够随时打印出呼叫详细报告 (CDR)，以便结账时将电话费一起加到客户的账单中。若没有该报告，旅馆会损失几千美元的收入。

测试报告

像 CO 交换机一样，PBX 执行各种内部测试。其测试结果通常以超文本置标语言 (HTML) 的格式形成报告，以便用 Internet 浏览器进行浏览。这些报告可帮助管理员监视系统的健康运行，而且在出现故障时对维护人员很有用。

忙时研究

管理员的一个主要责任是确定企业所需中继线的号码和类型。专门的管理报告（称为“忙时研究”）提供了帮助管理决策的信息。“忙时”是网络或办公室的电话系统承载最大业务量的那个小时。对于大多数企业，忙时出现在上午。管理员的一般目标是提供足够的传输容量来承载忙时业务。实际上，提供足够容量承载 100% 的忙时业务是浪费而昂贵的。这样，管理员必须确定多少峰值业务受到阻塞是可接受的。换言之，管理员必须预测可接受的遇忙呼入百分比和必须等待空线路的呼出百分比。

PBX 增强功能

PBX 还可以添加各种其他系统，以提供专门的和增强的服务。

语音应答

今天 90% 的 PBX 提供语音邮件和语音应答（称为 IVR）系统。这些系统允许呼叫者使用电话触摸板（touchpad）访问从商场位置到信用卡交易的信息。一些银行甚至允许客户用 IVR 付账。IVR 是迅速增长的领域，可减少职员工作负担，提高客户服务水平。

语音识别

语音识别技术可使计算机理解人的语音。该技术的发展有 20 多年，现在刚开始广泛使用。其中计算机应答服务要求你说出指令，号码簿帮助服务要求你说出所需号码的名称和位置。10 位拨号在大城市变得很普遍，语音识别可以比按电话号码更准确。最大的潜在应用之一是 Internet 语音访问，它为没有 PC 的人提供对 E-mail 和其他应用的访问。

呼叫跟踪

不论在何处，不论何时，用户都要求叫通他们。即使一个职员在很远的地方工作，呼叫也能跟踪一连串不同的位置，直到找到被叫方，如图 1.13 所示。

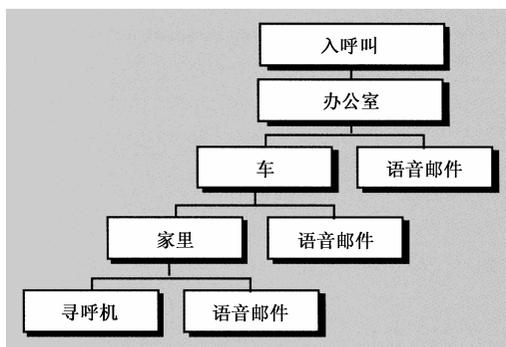


图 1.13 跟踪呼叫流程图

自动呼叫分配器（ACD）

接收大量入呼叫的客户服务中心，可使用专门的 PBX，称为自动呼叫分配器（ACD）。

ACD 根据预先编制的准则把进入的呼叫路由到呼叫代理，比如空闲时间最长的代理。如果没有代理能承担呼叫，ACD 就把呼叫保持在队列中，呼叫者会听到“请保持”的消息。

其他辅助设备

其他常用的辅助设备包括：

- ▶ 站消息详细报告器 (SMDR) ——产生所有进出的电话呼叫记录。
- ▶ 不间断电源 (UPS) ——在电源出现故障期间使 PBX 可正常运行。
- ▶ 直接站选择器 (DSS) ——显示电话系统中哪些站正在使用。
- ▶ 头戴式送受话器——对模拟或数字电话提供电话免提操作。

PBX 费用和需求

除了一次性安装费用之外，PBX 系统通常会发生以下费用：

- ▶ 设备维护和升级
- ▶ 租金
- ▶ 中继线使用
- ▶ DID 终端服务费
- ▶ DID 号
- ▶ 办公空间、暖气/空调和电力
- ▶ 职员薪金和培训

练习

1. 利用键盘向呼叫者提供访问公司信息能力的一种 PBX 辅助功能，被称为：
 - a. 交互语音应答 (IVR)
 - b. 语音识别
 - c. 呼叫跟踪
 - d. 自动呼叫分配器 (ACD)
2. 根据预先编置的准则把进入的呼叫路由到代理的 PBX 功能是：
 - a. IVR
 - b. 语音识别
 - c. 呼叫跟踪

- d. ACD
- 3. 把呼叫转移到公司职员所在地让他们在远处有效地工作的 PBX 功能是：
 - a. 直接站选择器 (DSS)
 - b. 呼叫跟踪
 - c. ACD
 - d. 预占线
- 4. 找出与 PBX 功能和特性相应的描述。
自动路由选择 (ARS) 呼叫跟踪 呼叫前送 呼叫拾取 寻线
直接向内系统访问 (DISA) 呼叫限制 音乐保持 直接拨入 (DID)
 - a. 呼叫者在等待目的分机摘机时听到音乐或消息
 - b. 从分机控制呼叫的类型
 - c. 让用户拨入到 PBX, 以使用廉价长途服务的能力
 - d. 让呼叫者不用经过话务员或操作员, 直接与目的分机接通
 - e. 在分机内编程, 使得呼叫自动地从一台分机转移到另一台分机的能力
 - f. 让已定义工作组内的任意一台分机应答该组内其他分机的呼叫的一种特性
 - g. 使用数字码提供记录呼叫状况的能力
 - h. 如果原分机正忙, 就把呼叫路由到可选的分机
 - i. 根据一天的时间或呼叫类型等因素控制中继线的使用
- 5. 解释 PBX 如何处理一个呼叫。

补充练习

1. 研究 Avaya 通信 (前 Lucent 技术) 公司和 Nortel 公司可提供的产品, 比较它们的性能和应用。

2. PBX 的另一个特点是自动拨号器, 通常用于远程销售公司。自动拨号器自动地拨数据库中的电话号码, 当被叫用户摘机时, 将此呼叫连接到第一个有效的远程销售公司代表。当下一个远程销售公司代表呼叫你的家里或企业时, 仔细听。你会在对方应答你的“hello”前听到一个间隙 (中止)。这是你应答呼叫的时间和自动拨号器连接到一个销售代表所需时间之间的时延。适当编程的自动拨号器将不会有可觉察到的间隙。举出你熟悉的自动拨号器及其特点。

第六节 PBX 特性与功能

PBX 可以改善许多企业的运行。但是，有些企业没有 PBX 就不行，因为它们依赖于 PBX 系统某些特性。这一节讨论典型 PBX 系统的许多特性和功能及其使用方法。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述呼叫记账系统的概念和功能
- ▶ 列出并描述 PBX 的主要特性
- ▶ 给出每个 PBX 特性在典型企业中使用的例子

关键知识点

- ▶ PBX 系统几乎可以做一台 CO 交换所能做的任何事情。

呼叫记账系统

呼叫记账系统也叫做“SMDR 或 CDR 系统”，它们是跟踪单个电话呼叫的计算机。呼叫记账系统通常是通过一个串口连接到 PBX 的专用 PC。PC 和相关的软件监视通过 PBX 进行的所有电话呼叫，并存储每个呼叫的信息。呼叫记账软件用来检索信息，对它进行分类，并提供关于一个机构呼叫模式的报告。呼叫记账系统的配置如图 1.14 所示。

呼叫记账系统不只是用于跟踪呼叫和产生管理报告。它们常用来为话务量工程的目的而跟踪线路和中继线的使用情况。

授权码

呼叫记账系统也可检测电话系统的欺诈使用。如果公司认为电话系统被不适当地使用，就将授权码发给该系统的用户。这些授权码用来产生详细记录各部门或职员电话呼叫的报告。此外，授权码还能分配各部门预算的电话服务费。

账户码

呼叫记账报告对一些企业是必不可少的。例如，法律和记账公司用详细报告将代表客户所花费的电话时间向他们通报。这类机构使用与记账系统相配的账户码。每个客户都有

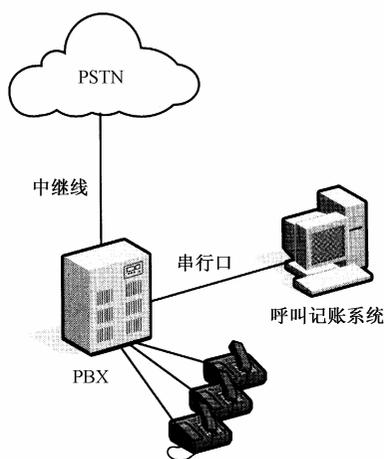


图 1.14 呼叫记账系统的配置

专门账户码，因此呼叫记账系统可为每个账户产生电话使用率的详细报告。

现场呼叫记账硬件和软件的一个替代方案是服务局。大公司通常租用服务局来从远地管理呼叫记账业务。服务局从远地拨入 PBX，收集客户机构的呼叫数据。

语音邮件系统

语音邮件系统是 PBX 内置的应答机或者带有语音邮件软件的单独 PC。基于 PC 的语音邮件系统如图 1.15 所示。

有了基于 PC 的语音邮件系统，就可以在 PBX 和 PC 之间建立两类通路。其中语音通路通过被叫方的邮箱连接外部呼叫者。数据通路用来承载呼叫控制信息，如所拨号码和呼叫者 ID（对内部呼叫或 ISDN）等，还承载使能某些特性（如呼叫通知灯）的控制信令。信令信息可通过模拟或数字语音线路语音邮件系统与 PBX 之间传递。传递信令信息的其他方式还包括设备之间的 RS-232 和包交换串行连接。

当进入的呼叫者遇到忙或无应答情况时，PBX 将呼叫发送到编程为语音邮件系统的寻线组。PBX 及其软件在寻线组内定位一条空闲线路，并把呼叫连接到语音邮件系统。如果语音邮件系统由于某种原因而发生故障，系统管理员可对 PBX 重新编程，将呼叫路由到话务台或者暂时使语音邮件寻线组失效。

如果系统使用带内信令，则呼叫信息不是通过同一路线就是通过第二条模拟线路传输。若系统使用数字链路，如站消息桌面接口（SMDI），则系统将通过这条链路传输呼叫

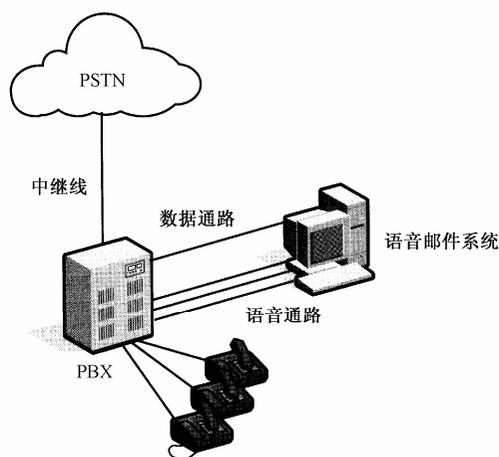


图 1.15 基于 PC 的语音邮件系统

信息。信令信息告诉语音邮件系统将哪个邮箱打开；然后，模拟连接将邮箱主人的问候传递给呼叫者，并将呼叫者的消息传送给语音邮件系统，记录在存储媒体上。当呼叫者挂机时，PBX 通知语音邮件系统释放线路。而后语音邮件系统给 PBX 发送一个信号，以打开消息等待指示器。

设计因素

在实现一个新的语音邮件系统时，必须考虑系统用户、PBX 上的语音消息端口和所需自动话务台（稍后描述）的数量。换言之，PBX 必须有足够的语音消息端口，以容纳可能同时发送的语音消息的最大数目。

还必须决定怎样通知用户语音邮件正在等待。在大多数情况下，这要由现有台式机可用的特性来定。如果现有的电话有“消息等待”灯，大多数用户更喜欢使用。如果没有消息等待灯，而且用户不想升级设备，那么系统可传递一个振铃音来告诉用户等待消息。当消息在通话期间进入，或者在用户拿起电话准备呼叫时，该用户可听到此振铃音。

统一通知

一些语音邮件系统也提供统一通知的特性。统一通知系统提供一个简单的图形接口，帮助用户管理语音邮件、E-mail 和传真。

进入的消息存储在语音邮件系统的硬盘上。通知由局域网发送到每个用户计算机。使用图形接口，用户可以读文本文件，在计算机的扬声器或电话上听语音邮件，在本地硬盘上存储文档，也可以打印文本信息。

广播

语音邮件系统还提供消息广播，将同一消息发送到多个语音邮箱。

语音邮件安全

由第五节可知，DISA 会成为管理不当时长途欺诈的目标。如果不进行仔细的设置和密切监视，先进的语音邮件特性也会存在安全问题。

一般来说，语音邮件对几类潜在的安全问题是脆弱的：

- ▶ 好奇心——黑客时常为攻破一个系统时的兴奋所驱使。他们在进入该系统时可能会对它造成破坏，也许他们并不打算这样做。
- ▶ 恶意——不满的雇员、以前的雇员或不喜欢该公司的其他人可能会制造故意的损害。损害的范围从邮箱内原始消息的丢失到严重的系统瘫痪，取决于语音邮件安全缺口的大小和数量。
- ▶ 工业密探——语音邮件通常充满机密消息、销售渠道和其他敏感消息，如果被竞争者获取，就会给公司和雇员造成损失。
- ▶ 非法业务使用——某些罪犯攻破语音邮件系统，是为了建立自己用的难以跟踪的邮箱。
- ▶ 长话费欺诈——罪犯采用先进的特性（如呼叫转移或外出呼叫）来访问外线和盗打长途电话。这在毒贩当中是一种流行的工具，他们经常呼叫南美或亚洲国家。

与 DISA 一样，防范是保护语音邮件系统的最好方式。以下的安全准则将使大多数黑客望而却步，其中许多准则已在主要的语音邮件系统中执行。

- ▶ 只有在必要时才给予系统特权。用服务等级（CoS）限制来定制每个用户使用的功能，如远程访问和呼叫转移等。
- ▶ 防止呼叫者从语音邮件转移到外线，或限制外出转移到某些号。
- ▶ 删除所有不用的语音邮箱。在他们需要前不要建立邮箱，雇员一旦离开公司就关闭邮箱。
- ▶ 认真对待口令字。当分配新邮箱时，要生成一个随机口令字。为使口令字难以猜出，口令字的长度至少需要 6~8 个字符；管理员口令字甚至更长。要求使用者经常地改变他们的口令字，并强调在明显的地方不要书写口令字。
- ▶ 限制登录语音邮箱的次数。一些系统在 3 次输入口令字登录不成功时，就将语音邮箱锁死。
- ▶ 经常性地检查系统异常运行的记录。
- ▶ 准备应付最坏的情况。语音邮件的安全性是整个通信安全计划的关键部分。这个

计划应包括万一遇到安全攻击时应采取的预定步骤。在制订计划的过程中,要与电信服务提供商通力合作。在预定步骤中将提供商包括进去,一旦出现安全攻击,就能更迅速地将它关闭。

自动话务台

自动话务台是综合在 PBX 系统中的机器,它应答电话并放一段熟悉的录音消息,如:“感谢您呼叫我们公司。如果您知道对方分机,请现在拨号。否则,请稍候,操作员将为您提供帮助。”

当职员不能处理所有进入的呼叫时,自动话务台在非常忙的时候可起到补充一个话务员的作用。一些企业用自动话务台应答所有进入的呼叫,当呼叫者不需要提供人工服务时,使得接待者可执行别的任务。自动话务台系统还允许呼叫者从语音菜单中选择一些选项,自动地将呼叫路由到不同的部门。

服务等级 (CoS)

CoS 也称为 CoR,它允许电话管理员定义用户对电话系统的使用权限。一些 PBX 允许管理员定义多达 64 类的电话用户,其中每一类都可指定为源呼叫和目的呼叫限制的不同组。定义了类之后,管理员就可将单用户分成组以及语音终端、语音终端群、数据模块和中继线群。

CoS 的简单例子是不允许长途直拨的电话,如大厅接待和医院病房的电话。在大型机构中,CoS 用来规定语音终端用户能否启用 PBX 的任意功能号,或访问某些中继线和服务。例如,一个 CoS 可允许用户在键入账户码后拨打长途呼叫;其他 CoS 设置可使特定部门中的用户不能互相呼叫。

其他功能

呼叫拾取

当某人的电话铃响而他不在时,呼叫拾取功能允许其他人在远处应答他的电话。要使用呼叫拾取,只需拨一个码号(或按一个功能键),再拨响铃的分机号,然而就可以像你自己的电话一样应答呼叫。

呼叫停放

呼叫停放是更灵活的一种呼叫保持，它允许呼叫接收者重新恢复来自系统内任意分机的呼叫。

呼叫前送

呼叫前送允许电话用户将一部电话的呼叫转到另一部电话上。例如，办公室的电话呼叫可被转到大楼其他部门的分机上。

呼叫通告

当 PBX 用户将呼叫转移到别的用户时，呼叫通告允许第一用户在第二用户应答转移的呼叫前与他说话。这个功能使客户服务更加顺畅，因为在第二用户接过呼叫前，第一用户能解释呼叫者是谁，发生了什么。

比较起来，“盲目转移”意味着呼叫只是被转送到第二分机。第一用户不能控制呼叫，也不能与新的被叫方说话。

呼叫等待

呼叫等待向被叫方发出提醒音，另一个进入的呼叫正在等待。若没有呼叫等待功能，第二个呼叫者就会收到忙音。有了使能的呼叫等待功能后，当第二个呼叫进入时，被叫方就会听到短的嘟嘟声或卡搭声。要将第一个呼叫者置为保持状态而应答第二个呼叫，被叫方只需简单地拍一次叉簧即可。

数字通告单元

当客户正在队列中等待与代理谈话时，如果有礼貌地鼓励他们等待，他们将会更耐心地等待着。数字通告单元（DAU）可根据呼叫处理剧本，给被保持的呼叫者放各种录音消息。例如，DAU 通常放一段初次问候语，要求客户不挂机等待第一个可用代理。连续的消息使呼叫者确信很快将接通代理服务，也可以邀请他们给代理留下语音邮件消息后退出。

练习

找出下列术语相应的正确描述：

| | |
|-------------|-----------|
| 也称为服务等级 | a. 呼叫记账 |
| 电话呼叫转移 | b. 授权码 |
| 应答电话呼叫的机器 | c. 自动话务台 |
| 用于电话呼叫计费 | d. CoR |
| 从很远处应答一个呼叫 | e. 呼叫拾取 |
| 呼叫者保持时放录音消息 | f. 呼叫停放 |
| 恢复来自分机的呼叫 | g. 呼叫前送 |
| 跟踪电话呼叫的计算机 | h. 呼叫等待 |
| 呼叫进入提醒 | i. 数据通告单元 |

补充练习

到 Web 站点 <http://www.lucent.com/enterprise/az.html> 寻找关于以下主题的信息：

- 呼叫记账系统
- 语音邮件系统
- 自动话务台
- CoR
- 数字通告单元 (DAU)

第七节 语音网络上的计算机信号

模拟网络是为传输表达人类语音的信号而设计的。当计算机出现时，语音网络已经建立了很多年，于是人们就开发了通过语音网络传输计算机信息的方法。本节介绍数字信号与模拟信号之间的区别，以及在典型网络中什么地方用到模拟信号而什么地方用到数字信号。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述模拟信号与数字信号之间的区别
- ▶ 理解调制解调器的基本功能

关键知识点

- ▶ 数字信号通过模拟语音网络传输时必须进行变换。

模拟信号和数字信号

如果不经变换，数字信号（计算机信号）就不能通过为传输声音而设计的模拟设备进行传输。图 1.16 表示了数字信号与模拟信号不同的形成方式。模拟信号是波。数字信号是具有很短的上升（信号前沿）和下降（信号尾部）时间的一系列脉冲，形成方波信号。

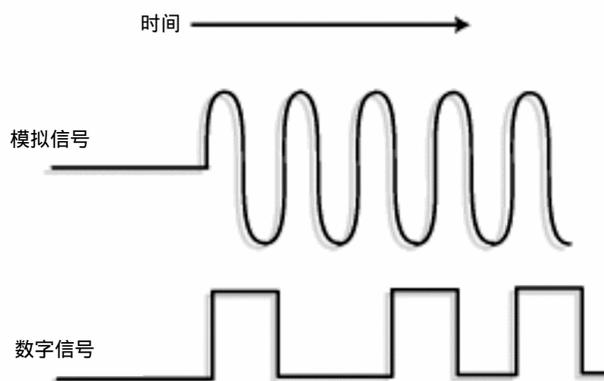


图 1.16 模拟信号和数字信号

这些快速转换是由高频谐波信号产生的，其频率通常在 8000Hz 以上。在数字数据流中，以一系列脉冲传递的信息代表二进制的 1 或 0。例如，在一个给定点上，上升可能代表二进制数 1，下降可能代表二进制数 0。由于电话系统是为传输频率范围为 300 ~ 3400Hz 的人的语音而设计的，不能适应这些高频信号。任何在模拟设备上传输这种信息的尝试都会引起数字脉冲的模糊或扭曲，使其失去“方波”特性。这种情况一旦发生，就不可能再看到数字脉冲的起点和终点。其他影响数字传输完整性的因素还有：

- ▶ 随着传输距离的增加，信号强度会降低。
- ▶ 传输速度也会影响数据完整性——数据速度越快，发送的脉冲就越多。随着发送脉冲的增多，相互间就更接近，波形更容易扭曲。
- ▶ 电气设备或大气环境的噪声也会影响数字数据流。

不仅模拟语音信号必须转换成数字信号，而且数字计算机信号也必须转换成模拟信号。

调制解调器

调制解调器 (MODEM) 这个术语是“modulator-demodulator”(调制器-解调器)的缩写。调制解调器总是成对使用，电话线路的两端一边各一个。调制解调器可以通过一条 RS-232 电缆连接到计算机上，也可以包含在计算机内部(内置调制解调器)。图 1.17 给出了前一种设置。

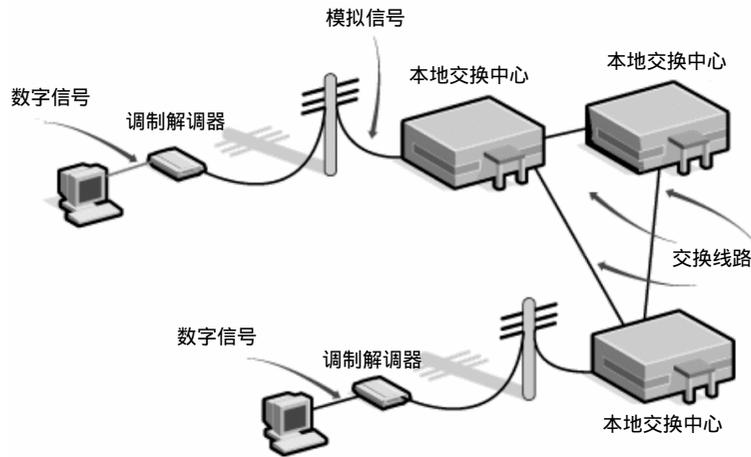


图 1.17 RS-232 与调制解调器

为了发送信息，调制解调器要接收来自计算机的数字数据，并通过产生一个声频信号来调制电话线。接收端调制解调器对已调信号进行解调，产生要传输给终端或者计算机的数字数据。由于这个信号的频率都落在 300 ~ 3 400 Hz 之内，因此可以像一个语音通话那样通过电话网络传输。

最简单的协议是通过切断和接通调制后的声频信号来分别代表 0 和 1。但这种技术能达到的最大数据传输速率只有 1 200 b/s。更复杂的编码协议能够大大增加有效数据速率。

收发两端的调制解调器必须使用同样的调制/解调协议。已经发布的标准规范有很多种，这样使得不同厂商的调制解调器可以在一起使用。

在远程电信网络通信中，不一定必须使用调制解调器。在很多情况下，信息以数字的形式通过网络从一个终端传输到另一个终端，这在后面的章节中将要介绍。

练习

1. 调制解调器有什么作用，为什么它是必需的？
2. 讨论是什么限制了大多数家庭和小公司用调制解调器访问信息的速度。
3. 为什么具有高频成分的数字信号不能在模拟信号线路上传输？。

补充练习

1. 如果可能的话，描述你所在单位的调制解调器，并讨论它们的特点。
2. 使用 Web，研究目前的调制解调器规范，并在课堂上讨论。

第八节 语音信号的数字化

由于数字电信设施的优点越来越明显，因此有必要将模拟语音信号转换为数字格式。本节学习模拟语音信号的数字化，以便能与数字电信网络兼容。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述为什么通过电信网络进行语音信号通信时，必须将模拟信号转换成数字信号
- ▶ 描述为什么通过电信网络进行计算机信号通信时，必须将数字信号转换成模拟信号

关键知识点

- ▶ 模拟语音必须转换为数字化格式。

模拟到数字

从模拟信号到数字信号的转换是将模拟波形转化为二进制格式的过程。进行这种转换的最明显的原因是为了将语音信号（模拟信号）转化为数字信号，以便能通过数字电信主干网传输。使用数字信号的一个主要原因是减少在语音信号端到端传输中的噪声。模拟信号在进行放大时，信号和噪声都被一并进行了放大。数字信号是重新产生的，从源结点传输到目的结点时不断产生新信号。

Codec 是将模拟语音信号转换为在数字电路上传输的数字（二进制）格式的设备。图 1.18 描述了这个概念。

图 1.18 中 A 表示原始的模拟波形，B 表示将与模拟波形结合的数字脉冲。模拟信号与数字信号的结合（C）产生与某个数字（D）相关的脉冲。这个数字与语音信号的一个样点有关。然后将这个数字转化为一个二进制数（E），并在电路中以数字形式传输。典型的取样速率（字节产生的次数）是每秒 8 000 个样点，即模拟语音信号传输带宽的两倍。在接收端，进行相反的过程，将数字信号重新转化为原来的模拟波形。

模拟-数字转换又称为 A/D 转换或者 ADC。它是将模拟波形信号转换成二进制格式的过程。一个最普通的例子是 Codec。该设备将模拟语音信号转换成数字（二进制）格式，以便通过 T1 等数字路径进行传输。Codec 的输出与其他设备输出组合在一起，多路复用到高速数字网络上。

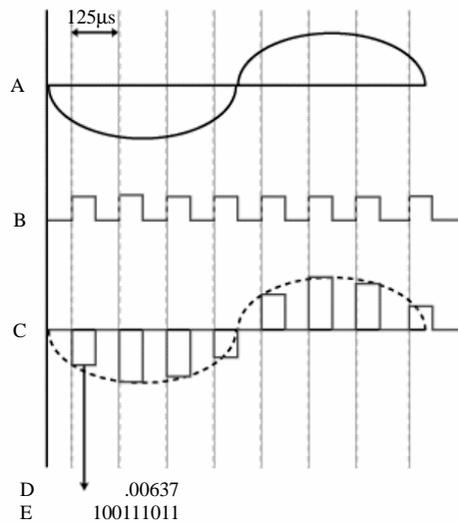


图 1.18 模拟-数字转换

组合

多路复用器是一种计算机/电话设备，它允许多种信号在同一物理介质上传输。多路复用器有多种类型，比如时分多路复用器和频分多路复用器。图 1.19 显示的 3 个模拟语音信号，经过 Codec 转换，多路复用后变成串行的数字比特流。输入 Codec 的是模拟信号，而输出的是数字信号。输入到多路复用器的是多个（低速）数字比特流。多路复用器的输出是高速数字比特流。

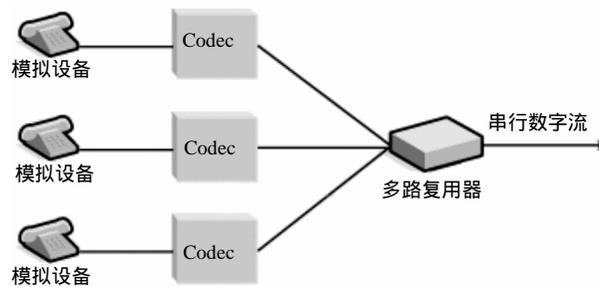


图 1.19 多路复用器

利用 Codec 和多路复用器，可以将模拟语音信号转化为数字格式并结合到一起，然后作为一串数字比特流在电信网络上传输。

时分复用

时分复用 (TDM) 把许多低比特率的数字比特流组合成单个高比特率的比特流。从本质上讲，TDM 是一种多个低速通信信道“分时共享”一个高速信道的方式。其优点在于：在单一高速信道上传输每个比特的开支要比在多个低速信道上传输需要的开支少。

TDM 是通过简单地将多个比特流的数据交织在一起来实现的，可以基于二进制位，也可以基于字节（分别称为比特交织和字节交织），如图 1.20 所示。在时间间隔 1 中，传送来自源信道 1 的 8 比特数据。在其后的时间间隔中，输出信道传送来自后继源信道的字节。来自每个输入信道的一组完整的值称为一帧。

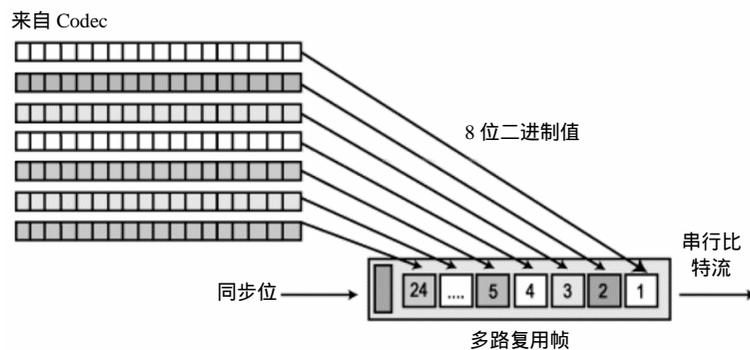


图 1.20 时分多路复用

波分复用

与时分复用 (TDM) 相对应的其他两种复用方式是波分复用 (WDM) 和密集波分复用 (DWDM)。WDM 和 DWDM 利用多个光波长在单一光纤上传输信号。设想一下，一束光通过棱镜可以折射成为多个不同波长的分离色彩光。WDM 与此类似，每一波长以高达 2.5 Gb/s 的速率承载信息。随着光技术的发展，DWDM 将更多的波长或信道合成在一根光纤中，最高速率可达 1 Tb/s。这样，WDM 与 FDM 一样，在传输管道中的每一分离信道能承载一系列数据。这些技术用来在 Internet 主干上传输 IP 服务，其服务用术语“基于 WDM

的包”和“基于 DWDM 的包”来描述。

练习

1. Codec 只有在发送端需要，对吗？
2. 如果对一个模拟信号以每秒 8000 次的速率取样，每个样点产生一个 8 位的字节，那么以数字格式传输这个语音信号需要多少比特每秒 (b/s) 的速率？
3. 为什么必须对语音信号进行 ADC？
4. 画图表示 4 部模拟电话通过 Codec 和多路复用器方式与另外 4 部模拟电话进行通信的情形。在图中标出哪里是模拟信号，哪里是数字信号。

补充练习

1. 使用 Web，研究以下产品，并在课堂上讨论。
 - a. Codec
 - b. 多路复用器
 - c. 信道组
2. 使用 Web，详细研究并讨论 TDM。
3. 将学生分成 4 人一组，“多路复用”他们的姓氏。每组中的一个同学在一张纸上写出每个人的名字。然后从每个名字中取出一个字母，代表一个数据符号，一个挨一个地排列在一条线上，代表多路复用器输出的数据流。

第九节 综合服务

本节学习一种将数据和语音信号组合在一起通过电信网络传输的方法。在后面的章节中，还将学习其他将语音数据和其他信号组合在一起在广域内传输的方法。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 了解在广域范围内传输语音和数据的一种方法
- ▶ 理解为什么多路复用器在广域范围内既能传输语音信号，又能传输数据信号

关键知识点

- ▶ 二进制格式的语音和数据看上去是一样的。

1 和 0

除了本地环路之外，电信设施都已经数字化了。在许多城区，本地环路也是由数字电路构成的。如果从一个用户到另外一个用户的整个网络都是数字化的，就可以将语音和数据组合在一起，通过同一物理电路传输。

图 1.21 表示了上述概念。在图 1.21 中，通过多路复用器方式将语音和数字信号组合在一起。其中的多路复用器是数字式多路复用器，它将多个数字信号组合到一条高速数字电路上。

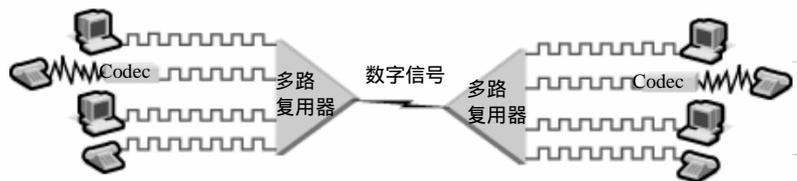


图 1.21 数字网络

数据传输

假设要从一台计算机向另一台计算机传输数据，来自计算机的信息本来就是二进制

的,由许多 1 和 0 构成。因此,计算机的输出可以直接发送到多路复用器(在实际操作中,通常使用数字调制解调器)。多路复用器将来自计算机的数字信息,与其他输入信号结合起来,通过高速电路在网络中传输。在图 1.21 中以代表通信链路(通常是广域网链路)的闪电符号表示高速电路。

多路复用器的输出是计算机和其他数据输入的组合。这些输出结合在一起,通过通信链路传输到另一台多路复用器。在接收端,多路复用器接收连续的比特流,并将其“反向多路复用”到正确的端口(在本例中是另一台计算机)。

语音会话

语音信号也可以输送到多路复用器。注意图 1.21 中包含了两种在广域范围内传输数字语音的方法。上面的电话具有模拟输出,这种输出传输到 Codec 中,产生对应于模拟输出的数字信号。Codec 的输出进入多路复用器,与其他信号结合在一起,通过广域网传输。

数字电话在其内部包含有模/数、数/模转换,因此不需要独立的装置对模拟信号进行编码和解码。例如,ISDN 电话在电话内产生数字输出信号,数字电话的输出传送到多路复用器中,与其他信号结合到一起,通过广域网传输。

练习

1. 画图表示 8 台低速数字设备,包括 5 台数据和 3 台语音设备。这些设备连接到单独的多路复用器端口,并多路复用到一条高速电路上。在高速电路的另一端是另一个多路复用器,在其每个端口上都有类似的设备。

2. 如果每个端口可以传输 64 kb/s 数字信息,则高速电路的速率应该多大才能与全部设备相匹配?

补充练习

研究数字化语音和综合服务的早期发展,在研究中要包含以下内容:

- a. 模拟网络向数字网络的转变
- b. 使用 T1 多路复用器组合语音和数据服务
- c. ISDN 的早期发展

第十节 电信机构

在过去的几十年里，电话系统的机构经历了很多发展和变化。今天的电话系统随着国家的不同而不同，在有些国家竞争非常激烈，而在其他一些国家则受到管制。本节主要介绍提供电信业务的各类公司。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述本地交换公司（LEC）的作用
- ▶ 描述长途交换公司（IEC 或 IXC）的作用
- ▶ 理解本地接入传输区域（LATA）、贝尔运营公司（BOC）和现场点（POP）的概念

关键知识点

- ▶ 电话服务通常分成本地和长途通信公司。

电信机构

1984年1月1日，当AT&T失去了它的本地电话公司后，在法律上就定义了两种截然不同的电话公司（如图1.22和图1.23所示）：

- ▶ LEC——包括分解后产生的BOC、GTE等以前的独立电话公司和许多小城镇的电话公司。
- ▶ IEC（或IXC）——常常被称为长途通信公司，包括以前的AT&T长途线路机构和其他公司，如MCI和Sprint。

将美国划分为几块LATA。LATA的边界或多或少地与美国商务部划分的标准城市统计区域一致。最初它们与BOC服务区域的边界一致。

1996年之前，一直禁止LEC和IEC执行LATA间的呼叫。但是1996年的《Telecommunication Reform Act（电信改革法案）》展开了BOC和其他长途通信公司之间的竞争。该法案制定了允许BOC进入长途服务市场和长途通信公司进入本地市场的指导方针。它制定了如下两个关键政策：

- ▶ 批发——现在，通信公司必须允许其他公司转售现有服务，这为更多增值服务提供商和折扣服务提供商敞开了大门。增值服务的一个例子就是把本地、长途与

Internet 接入服务捆绑在一起。

- ▶ 互连——这一政策禁止 BOC 和其他公司向别的通信公司收取不合理的呼叫终端费用。这类“费用保护”应该允许竞争（例如有线电视公司之间的竞争），且最终降低价格。

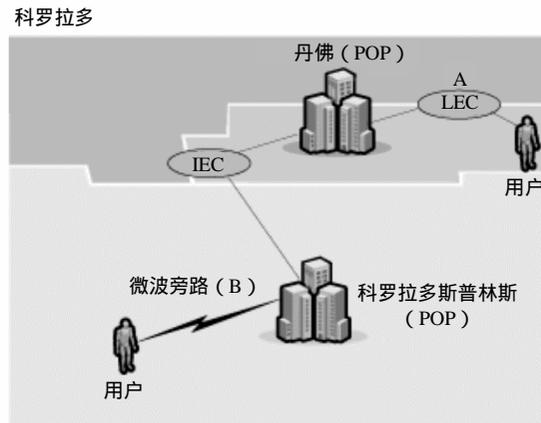


图 1.22 本地交换公司

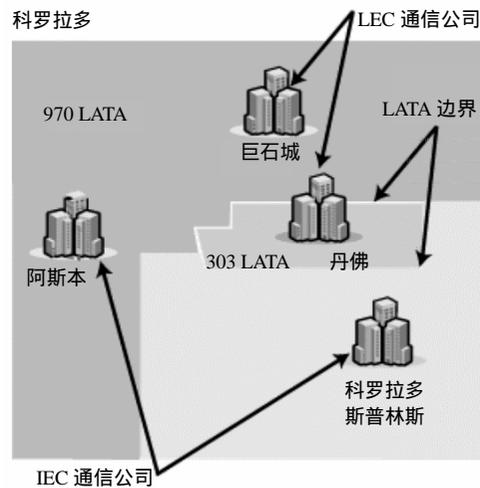


图 1.23 长途交换公司

根据惯例，当一个 LEC 跨越两个 LATA 时，将通过 IEC 来路由呼叫。在 LATA 中用一个 POP 表示一个 IEC，用户可以连接到 POP 处的 IEC 设备。在通常情况下，这种连接是由 LEC 提供的用户前端到 POP 之间的电路实现的。用户也可以绕过 LEC 直接连接到

POP。例如，用户可以安装连接到 POP 的微波设备。

LATA 与 LATA 之间的服务提供商可以分为两类：

- ▶ 长途通信公司——这些公司提供长途专线或虚拟专用网 (VPN) (用户使用的与专线方式相同的交换电路)
- ▶ 分组通信公司——这些公司提供包交换服务。它们通常使用长途通信公司的设施构建自己的网络。

长途通信公司

长途通信公司通常在如下几类服务上展开竞争：

- ▶ 语音级服务——提供租用的专用模拟电路。
- ▶ 数字数据服务 (DDS)——提供只用于数据的租用数字电路，其速率介于 2400 b/s 与 19.2 kb/s 之间，在某些情况下其速率为 64 kb/s。
- ▶ 0 级数字信号 (DS-0) 服务——提供 64 kb/s 的数据电路，每条电路提供一个 DS-0 信道。有些通信公司提供完整的信道能力，即通信公司不需要用信道的任何部分来控制信令。其信道是“完整的”，且用户可以使用整个 64 kb/s 带宽。有些信道不是这样，只能使用 64 kb/s 带宽中的 56 kb/s。
- ▶ 部分 T1 (FT1) 线路——是全 T1 (将在后面介绍) 的子集。一些厂商允许接入单个的 FT1 组件，就像是专用语音级线路或者 DDS 线路一样。另外一些厂商只提供 T1 接入。
- ▶ T1 服务——提供支持 1 级数字信号 (DS-1) 速率的语音、数据和视频线路。其服务可以是信道化的，也可以是非信道化的。通信公司将信道化服务分割成不同的信道，并对多重 DS-0 信道进行多路复用。如果服务是非信道化的，则由用户负责多路复用。
- ▶ T3 服务——类似于 T1 服务，但其速度为 3 级数字信号 (DS-3) 的速度。这种服务通常是非信道化的，但也有一些厂商提供信道化服务。
- ▶ 国际专用电路——这种不同类型的电路是由一些通信公司为通过特定网关城市访问国际站点而提供的。用户必须租用两条电路：一条通向网关；一条从网关通向国际站点。
- ▶ 交换数据服务——通常又称为由软件定义的网络或虚拟专用网 (VPN)。它们允许用户使用通信公司长途设施的包交换能力，来控制 and 监视他们的专用网络。通常，通信公司可为用户提供终端设备与通信公司的网络控制设施的接口。用户可以在通信公司设置的限定范围内监视和重新配置 VPN。

分组通信公司

分组通信公司提供的服务开始于 20 世纪 60 年代，但直到 70 年代才随着 X.25（一种 ITU-T 规范）的定义而盛行起来。在 X.25 之前，每家厂商都使用专有协议，但用户不愿意投资于需要使用专用网络的研究计划。

分组通信公司提供以下两种基本产品：

- ▶ 经济型网络接入——一些用户的信息流量相对较少，或者说他们的信息流量波动很大。分组通信公司允许用户共享传输设备，并根据信息流量和连接时间交纳费用，通过这种方式为用户提供一种经济型方案，取代长途通信公司的专线或交换电路。
- ▶ 增值服务——所有厂商都增强他们的网络，除 X.25 分组传输服务之外它们还提供更多的服务。例如，几乎所有的厂商不仅为他们各自网络上的用户提供电子邮件服务，还为其他网络上的用户提供此项服务。

分组通信公司提供的服务因下列因素的不同而不同：

- ▶ 接入类型——大多数通信公司提供专用接入（实际上是一条从用户前端连到最近的网络接入点的专线）。很多通信公司还提供公用或专用的拨号接入（只有一个用户使用接入线路）。
- ▶ 接入速率——大多数通信公司提供 9.6 kb/s 的拨号线路和 64 kb/s 的专用线路。数据包在网络中的传输速率当然是 64 kb/s。
- ▶ 协议——实际上所有通信公司都支持 X.25，当然也支持其他各种协议，包括系统网络体系结构（SNA）3270 和 X.400。这些协议都与提供的增值服务有关。最近，几家厂商开始使用 X.400 协议连接他们的电子邮件服务。
- ▶ 拨号可用性——这些服务只有对可以使用一个本地拨号号码的拨号用户才是经济的。这种接入点的号码在不同运营商之间的差别很大。美国大陆的路径覆盖范围包括几百个甚至上千个城市。一些厂商还提供国际接入。

价目表

价目表是描述通信公司提供的服务和详细说明每种服务的价格的文件。如果服务受到管制，就要将价目表提交主管部门进行批准，并使之生效。在价目表生效之前，主管部门必须进行审阅并认可。

对 IEC 和 LEC 来说，通常给定通信链路的价目表结构如下：

- ▶ 使用链路的基本费用
- ▶ 每公里费用，通常是随着距离增大而相应降低
- ▶ 可选服务或功能的费用，例如交换备份或网络管理功能

包交换的价目表是面向应用的。通信公司通常收取固定的网络接入费用，再加上发送每个数据包的费用。其费用通常随着数据发送量的减少而降低，随着距离的增加而增加。

在建立链路的成本中，一个重要因素是连接到 POP 的费用。用户前端到任一端的本地 POP 之间的线路，可能仅仅是整个链路长度的一小部分，但是对这些线路的收费可能等于甚至超过长途通信公司的线路成本。这主要是由以下原因造成的：本地环路通常是真正的专用线路，而长途线路通常与其他线路一起进行多路复用。如前所述，如果某些情况下本地环路费用过高，用户就可以选择利用微波、卫星甚至专用光缆来链路绕过 LEC。

对用户来说，确定通信的最少费用方案是一个复杂的过程。除了价目表的结构复杂之外，各通信公司之间的收费也存在巨大的差别。

更为复杂的价目表问题是捆绑服务。例如，AT&T 引进了“AT&T FCC #12 用户设计集成服务价目表”(CDIS)，包括专线及语音、数据和视频交换服务。CDIS 的商业用户大多是大公司，CDIS 合同的跨年度价值范围介于 1000 万美元以下到接近 5 亿美元之间。CDIS 具有锁定大用户的能力，因此常常是 AT&T 的竞争者和一个通信用户组的诉讼对象。

练习

阅读并讨论 1996 年的《Telecommunication Reform Act (电信改革法案)》，准备讨论下列问题：

1. 这个法案的主要内容是什么？
2. 这个法案如何引起本地环路的竞争？
3. 在通过本地环路传递服务的过程中，为什么会有这么多的活动？
4. 您认为在这个改革法案的基础上，地区电话公司将发生什么变化？
5. 您认为通过这个法案对美国电信有好处吗？

补充练习

1. 使用 Web 研究价目表，并讨论这个文档的不同部分及其中描述的服务。
2. 浏览 Ameritech、ADC 和 AT&T Bell 实验室的网址，查看它们提供的产品和服务。

本章小结

本章学习了电信网络的基础和结构。电信网络设施已经发展了很多年，最初是为语音通信而设计的。随着通过语音网络传输数据的需求的增长，出现了不同类型的服务和功能，以适应语音通信、数据通信以及其他服务类型的需要。使用各种技术和设备通过电信网络进行信息传输，可以只限于很短的距离（比如一个城市之内），也可以通过较长的距离传输。

不同国家对电信基础设施的组织和管理过程是不同的，并且在过去的几十年里发生了很多变化。在有些地方，对接入网络的管理和控制非常严格；在另外一些地方，则开放网络竞争，且允许各种传输速率和服务并存。

小测验

1. 连接不同的本地交换中心的链路叫做：
 - a. 调制解调器
 - b. 模拟电路
 - c. 干线
 - d. 端局
2. 本地交换中心之间的连接主要是：
 - a. 模拟连接
 - b. 数字连接
 - c. 非对称连接
 - d. 异步连接
3. 网络（如局域网和广域网）的两种分类方法是：
 - a. PC 技术的类型
 - b. 主机连接的类型
 - c. 覆盖的地理区域
 - d. 连接网络的链路类型
4. 当连网设备由电信公司提供时，则可认为这个网络是：
 - a. 公用网络
 - b. 专用网络
 - c. 混合网络

- d. 内部网络
5. 局域网、城域网和广域网之间最主要的区别在于：
- a. 网络中结点的数量
 - b. 网络中结点的类型
 - c. 网络中不同结点组之间的距离
 - d. 结点所在机构的大小
6. 调制解调器用于：(选2项)
- a. 放大模拟信号
 - b. 将数字信号转换为模拟信号
 - c. 转发数字信号
 - d. 将模拟信号转换为数字信号
 - e. b和d都对
7. 将许多家庭和公司连接到第一个 CO 的铜缆叫做：
- a. 本地环路
 - b. 干线
 - c. 数字环路
 - d. 专线
8. 提供不同 LATA 之间呼叫服务的通信公司是：
- a. IXC
 - b. RBOC
 - c. CLEC
 - d. LEC
9. PBXD 的哪个性能可使呼叫者恢复来自本系统中任何其他分机的呼叫？
- a. 呼叫前送
 - b. 呼叫等待
 - c. 呼叫应答
 - d. 呼叫停留
10. 电话系统的哪个功能可用来拒绝一个分机拨打长途呼叫？
- a. 拒绝等级
 - b. 自动话务台
 - c. 服务等级 (CoS)
 - d. 服务拒绝
11. 哪一种 PBX 辅助设备可以使操作员看到分机的状态？

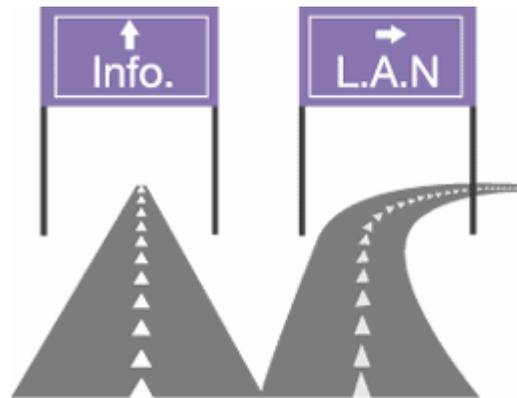
- a . ACD
 - b . DSS
 - c . UPS
 - d . SDMR
- 12 .PBX 的哪个增强功能使呼叫者不用跟操作员或话务员讲话就可通过电话键直接访问公司信息？
- a . IVR
 - b . ACD
 - c . 自动话务台
 - d . DSS
- 13 . 下面哪一个被认为是电话系统辅助设备？
- a . 头戴式送受话器
 - b . UPS
 - c . 中继线
 - d . 管理终端
- 14 . PBX 组件是 : (选 3 项)
- a . 中继线
 - b . CDR
 - c . 分机线
 - d . 电话机
- 15 . 为什么说理解电话网络的基本知识对理解计算机网络非常重要？
- 16 . 广域网有哪些发展趋势？
- 17 . 为什么数字信息传输采用模拟信令？
- 18 . 什么是价目表？它对电信服务的影响是什么？
- 19 . CO 网络是如何配置的？为什么？



第二章

广域网概念和设备

- 1 物理电路和逻辑电路
- 2 连接到广域网电路
- 3 连接到模拟网络
- 4 模拟调制解调器
- 5 调制解调器的同步
- 6 连接到数字网络
- 7 微波通信
- 8 卫星通信
- 9 端到端连接



概 述

远程通信网络提供长距离信息传输的传输路径。信息的类型有许多种，如语音、数据和视频等。另外，用以在广域网上传输信息的方法也有许多种。本章主要讨论通过远程通信网络从信源到信宿传输信息的基本概念和组件。

术语

Adjacent Channel Interference (相)邻(信)道干扰

一个信号超出其指配的频带而“溢出”到指配给另一个信号的频带内所造成的干扰，就是邻道干扰。

American Standard Code for Information Interchange (ASCII) 美国信息交换标准代码

ASCII 码是计算机系统中最广泛采用的一种信息表示代码。这些代码表示各种字符，如键盘字符。ASCII 码使用 7 比特表示 128 个字符。例如，键盘上字母“A”的 ASCII 码二进制表示为 100 0001。另一种主要的编码系统是 EBCDIC。

Asynchronous 异步

异步操作就是不按照严格的时间表传输数据。每个字符的开头都是通过传输一个起始位的方式表示的。发送完字符的最后一位后发送一个停止位，表示字符发送结束。调制解调器只能在它们传输 8 位数据的时间之内保持同步状态。如果它们的时钟存在微小的不同步现象，仍然能够成功地进行数据传输。

Automatic Repeat (or Retransmission) Request (ARQ) 自动重发请求

ARQ 是通信设备用于验证数据接收的一种常用方法。在发送端，输入的信息码元被编码后发送，同时暂存在存储器中；接收端若检出错码，则发送重传指令，要求发送端重发一次；若接收端未发现错码，则发出不需要重传指令。发送端收到此指令后，即可发送下一码组，同时更新存储器的内容。

Bandpass Filter 带通滤波器

带通滤波器是一种允许特定频带信号通过而阻止其他频带信号通过的电子设备。带通

滤波是频分多路复用 (FDM) 的基础。

Baseband 基带

基带是一种通信信号,其中整个媒介都用于承载表示信息的单个信号。在基带信号中,数字信号和模拟信号都以其原始的频率传输。

Bits per Second (b/s) 比特每秒

比特每秒是每秒传输的二进制比特数的度量。常用的调制解调器的速率为 28 800 b/s 和 56 000 b/s (或者 28.8 kb/s 和 56 kb/s)。

Broadband 宽带

宽带是一种通信信号,其媒介用于承载表示信息的多个信号。从局域网的角度来看,宽带是指数字信号的模拟传输,而基带是指数字信号的数字传输。

C Band C 波段

C 波段是电磁频谱的一部分,其频率范围是 4~6 GHz,用于卫星通信。

Carrier

Carrier 指的是提供通信电路的公司。有时 Carrier 也包含数字通信信道的意思,如 T1、T2 线路等。

Channel Service Unit (CSU) 信道服务单元

CSU 是一种将用户设备连接到数字传输设备(如 T1 电路)的设备。CSU 可以通过本地环路(即电话信道)产生传输信号。CSU 一般与 DSU 配对使用(即 CSU/DSU)。

Consultative Committee for International Telegraphy & Telephony (CCITT) 国际电报电话咨询委员会

CCITT 是 ITU 的一个分支,负责制定电信和网络标准。CCITT 标准包括 X.25、V.42 和 ISDN I 系列建议等。

Convergence Technologies 融合技术

融合技术是允许不同类型的媒介在相同网络上传输的协议和系统,如 ATM。

Data Communication/Circuit-terminating Equipment (DCE) 数据通信设备 / 数据电路端接设备

DCE 设备是 OSI 模型的第 1 层设备，负责与物理链路上电信号的正确初始化，并建立信号时钟和实现同步。

Data Service Unit (DSU) 数据服务单元

DSU 是将用户专用设备连接到数字传输设备上的另一种设备，常与 CSU 一起使用。DSU 从 LAN 获取信息，并生成适合公共发送设备传输的数字信息。

Data Terminal/Termination Equipment (DTE) 数据终端 / 端接设备

DTE 是执行第二层或更高层协议的设备，通常是一台计算机。DTE 取决于与通信链路连接的 DCE 的服务。

Differential Phase-Shift Keying (DPSK) 差分相移键控

DPSK 是一种由相位的变化来表示数据的调制方式。

Extended Binary Coded Decimal Interchange Code (EBCDIC) 扩充二-十进制交换码

EBCDIC 是 IBM 公司的字符二进制编码标准。它是两种使用最广泛的字符表示代码之一（另一种是 ASCII 码）。

Fade 衰落

衰落是指信号随着传输距离的增加而逐渐减弱（常称为“衰减”）。

Flow Control 流控制

流控制是控制在两个计算机系统之间所发送的数据帧或消息数量的一种方法。实际上，每个数据通信协议都包含一些流控制方式，以使发送方不会给接收结点发送太多的帧或包。

Forward Error Correction (FEC) 前向纠错

FEC 是一种检错和纠错的技术，就是在发送的有效数据载荷帧中加入一些多余的位，接收设备可以再生这些位并恢复传输错误。

Frequency Modulation (FM) 调频

FM 是一种信号调制方法，它使载波的频率随调制信号的变化规律而改变。

Frequency-Shift Keying (FSK) 频移键控

FSK 是一种用模拟波形表示数字信号的方法，如“0”用一个特定频率表示，“1”用另一个特定频率表示。

Gain 增益

增益是指信号功率、电压或电流的增加程度。信号放大器可产生增益。

Gallium Arsenide Field Effect Transistor (GaAs-FET) 砷化镓场效应管

GaAs-FET 是由砷化镓组成的场效应晶体管 (FET)。即使在输入信号功率接近零时，FET 也能提供输出信号。

Geostationary Satellite 静止卫星

卫星通信系统从地球站向位于空间的卫星发射信号，其地面天线对准离地面约 35 800 km 轨道上固定点的静止卫星。静止卫星又称为同步卫星。

Geosynchronous Satellite 同步卫星

同“Geostationary Satellite”。

Gigahertz (GHz) 兆赫兹

1 GHz = 1×10^9 Hz。

Gunn Diode Gunn 二极管

Gunn 二极管是根据砷化镓的负微分电阻特性而工作的一种微波振荡器。Gunn 二极管由 John Battiscombe Gunn 而得名。

Handshaking 联络

联络是指两台或更多计算机在进行通信之前需要经历的初始化过程。它是所有通信协议的第一部分，用来建立初始设置参数。

Harmonic Distortion 谐波失真

一个频率的整数倍称为谐波。例如，4 000 Hz 和 6 000 Hz 都是 2 000 Hz 的谐波。谐波失真描述的是一个输入信号的谐波被放大和传送的趋势。例如，放大器的回授就是一种谐波失真，它是由于话筒离扬声器太近而引起的尖叫声。

High-Level Data Link Control (HDLC) 高级数据链路控制

HDLC 是表示一系列数据链路层协议 (如 SDLC , LAPB 和 LAPD) 的 ISO 通信协议。HDLC 的操作包括 3 种类型帧 (信息帧、监督帧和未编号帧) 的交换。两台正在通信的计算机通过这 3 类帧来交换命令和应答信息。

Jitter 抖动

抖动是当信号与它的基准时序位置不同步时引起的信号失真。抖动会导致高速同步通信链路的传输错误和失步。

Ka Band Ka 波段

Ka 波段是电磁频谱的一部分, 其频率范围是 20~30 GHz, 用于卫星通信。

Ku Band Ku 波段

Ku 波段是电磁频谱的一部分, 其频率范围是 11~14 GHz, 用于卫星通信。

Meshed Network 网状网络

网状网络是端点之间由多条物理路径构成的网络。

Modulation 调制

调制是改变载波 (电信号) 形状, 以便能够在某些特定的通信介质上携带智能信息的过程。

Modulo 模

“模”用来描述计数器的最大状态数。例如, 在卫星通信链路中, 模 128 表示在接收端发送确认信息之前包计数器可跟踪 128 个出站和入站的包。计数器在达到其最大计数值后就复位为 0。

Multipath Reflection 多径反射

多径反射是指一个无线电信号经过多个障碍物的反射, 引起多路信号到达接收天线的现象。由于原信号和反射信号的传输距离不同, 抵达接收端的时间就不同, 从而会引起声音回响和图像“鬼影”。多径反射又称多径接收。

Overreach 渡越 (干扰)

当无线电信号从发送天线通过中间转发天线发射到接收天线时, 由于来自转发天线的

信号略有延迟，因而直射信号和转发信号在接收端会产生干扰，即渡越干扰。

Permanent Virtual Circuit (PVC) 永久虚电路

PVC 是两种虚电路中的一种，另一种是 SVC。PVC 就像信源和信宿端结点之间的专线。激活后，PVC 总会在两个端结点之间建立一条链路。PVC 通常应用在包（或信元）交换网中。

Phase Modulation 调相

PM 是一种信号调制方法，它使载波的相位随调制信号的变化规律而改变。

Phase-Shift Keying (PSK) 相移键控

PSK 是一种用改变模拟载波的信号相位来表示数字信号的方法。

Private Branch Exchange (PBX) 专用小交换机

今天的 PBX 是全数字的，不仅提供非常复杂的语音服务（例如语音消息），而且可以进行语音和数据集成。

Private Network 专用网络

专用网是由专线、交换设备以及其他连网设备组成的仅供一家用户使用的网络。换句话说，此网络及其相关设备不是供普通公用用户使用的。

Provisioning 供给

在电信领域，供给（Provisioning）是一个机构获取要用的电信线路的过程。

Public Network 公用网

公用网是公众可以用来传输语音、数据和其他业务类型的网络。

Quadrature Amplitude Modulation (QAM) 正交幅度调制

QAM 是一种将数字数据表示成模拟波形的调制方式。QAM 同时改变模拟信号的相位和幅度，使它在单一信号中能表示 4 位或更多位的数字数据。

Rain Attenuation 雨衰

雨衰是由空气中的小水滴（雨或雾）引起的无线电信号的弱化。雨和雾越密，雨衰就越大。

Switched Virtual Circuit (SVC) 交换虚电路

SVC 是在交换网络中建立的另时连接。ATM VC 和电话连接是 SVC 的典型例子。

Synchronous 同步

同步操作是指两台通信设备将其内部定时电路进行严格同步的过程(通常在建立连接之后通过发送一定长度的突发位来实现)。传输数据时,发送设备(例如一台调制解调器)不时地向线路中发送一个 0 或 1。接收设备按照与发送设备相同的时序对线路进行采样,以便准确地接收信息。要进行无差错通信,设备之间必须保持同步。

Synchronous Data Link Control (SDLC) 同步数据链路控制

SDLC 是 HDLC 标准的子集,它是数据链路层协议,通常用于 SNA 网络。

Time Slot 时隙

时隙又称时间片(Time Slice),它是时分复用(TDM)中给数据流分配的一个固定传输时间周期。

Transponder 转发器

转发器是安装在卫星上的设备,它接收微弱的微波信号,进行放大、调节,并重新发射回地面。

Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) 通用异步收发器

UART 是一种串行接口的一部分。这种串行接口进行并/串变换,添加起始位、停止位和奇偶校验位,监控端口状态,控制电路时序,缓冲数据等;在接收端进行相反的过程。

Virtual Circuit 虚电路

虚电路是一条通信路径。虽然数据在源结点和目的结点之间传送时可能会途经不同的路径,但是对发送设备和接收设备而言,虚电路就像只有一条单一的线路一样。

第一节 物理电路和逻辑电路

本章介绍的物理基础实际上组成了现在使用的所有网络。本节的目的是为了熟悉通过广域网设备进行通信所用到的电路类型。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述虚电路的概念
- ▶ 描述交换虚电路（SVC）和永久虚电路（PVC）之间的区别
- ▶ 理解 SVC 信息传输的步骤

关键知识点

- ▶ 虚电路具有单个物理电路的特点。

电路和虚电路

电路是两台通信设备之间的物理连接，也可称为信道。物理电路分成两大类：

- ▶ 专用物理电路
- ▶ 共用物理电路

专用物理电路是指计算机及其连接的设备使用专用的连接介质，如图 2.1 所示。

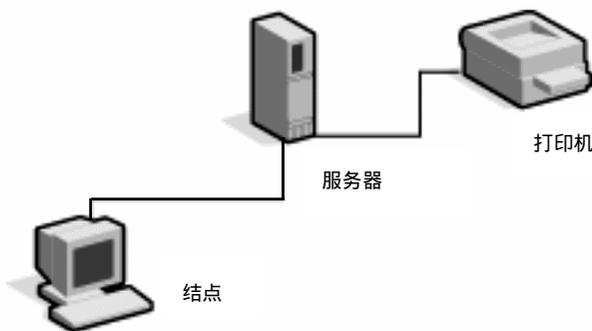


图 2.1 专用物理电路

共用物理电路是指多个设备共享同一物理介质。对共享介质的访问依赖于所使用的访问协议（例如令牌环网或以太网）。共用物理电路又叫做总线，如图 2.2 所示。

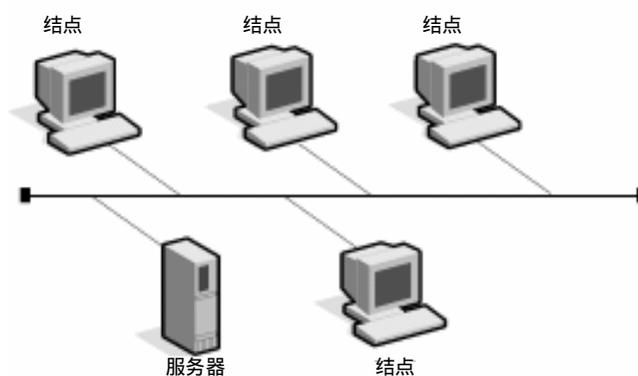


图 2.2 共用物理电路

虚电路是像单一电路一样的通信路径，尽管其中源结点和目的结点之间的数据可能采取不同路径。虚电路的概念来源于 X.25（国际电信联盟标准化部，即 ITU-T）的一个包交换协议。图 2.3 描述了这一概念。

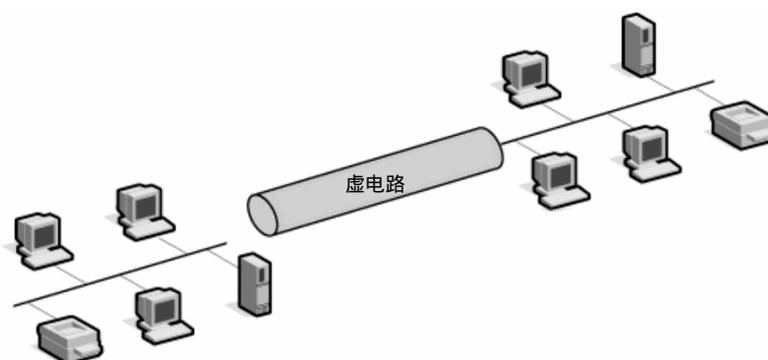


图 2.3 虚电路

虚电路可分成两种类型：永久虚电路（PVC）和交换虚电路（SVC）。具体如下：

- ▶ PVC 就像源端点到目的端点之间的专用电路。被激活时，PVC 就将在这两个端点之间建立一条路径。
- ▶ SVC 类似于公用交换电话服务，可以在源端点和网络中的任意目的端点之间建立呼叫。

PVC 和 SVC

在网络之间使用 PVC 还是 SVC，要由通信流量、通信模式、连接程度、应用类型和其他参数决定。表 2.1 给出了这两种虚电路之间的一些区别。网络也可以混合使用 PVC 和 SVC。

表 2.1 PVC 和 SVC

| 永久虚电路 (PVC) | 交换虚电路 (SVC) |
|--------------------|-----------------|
| 配置时静态定义 | 当需要发送信息时，动态建立 |
| 不论是否有信息要发送，连接总是存在的 | 当不再有信息要发送时，释放连接 |

PVC 和 SVC 之间的主要差别在于何时建立连接和分配资源。PVC 通常是由网络经营者提供的，不管该经营者是通信公司（公用服务）还是管理信息系统（MIS）成员（专用网）。一旦提供了 PVC，其连接在任何时候都有效，除非服务发生变化或者出现故障。另一方面，SVC 是由终端用户而不是由网络经营者建立的。在每次使用前，一条到目标终端用户的 SVC 就被建立起来，但每次用完之后其连接就被释放。

SVC 的应用对具有以下特征的网络来说是理想的：

- ▶ 高度网状连接
- ▶ 间歇性应用
- ▶ 远程站点访问

高度网状连接是指需要在任意点之间建立连接的大型网络。在一个需要与许多站点连接的网络环境中，SVC 提供了一种最佳的解决方案。SVC 的优势随着站点数量与连接需要程度的增加而扩大。随着越来越多的公司采用 Intranet，高度网状网络越来越普及。可以想像得到，所有的终端用户在机构中将会有他们自己的网页，而这将增加公司内部的对等通信数据流量。另外，高度网状网络能为偶然的由公司内部到厂商、合作伙伴甚至顾客的连接提供经济的解决方案，只要他们都预订相同的服务。

具有高度间歇应用的网络经常拥有不可预测且持续时间很短的突发通信流量。SVC 只在要传送消息时才会占用网络带宽，所以它是持续时间很短的应用的一种很好的解决方案。

开始时，由于通信数据流量很小而且使用是间歇性的，一些小型局和远程交换局可能不会耗费资金来给所有需要连接的站点建立 PVC。因此这些站点可能最初使用 SVC，但随着通信流量的增加，将慢慢过渡到 PVC。也可实行 PVC/SVC 混合解决方案，即需要在需要频繁交换信息的站点之间建立 PVC，而在只偶尔需要进行通信的站点之间建立 SVC。

SVC 信息传输

通过 SVC 进行的信息传输由以下 3 个主要步骤构成：

1. 呼叫建立；
2. 数据传输；
3. 呼叫释放。

图 2.4 描述了这些步骤。

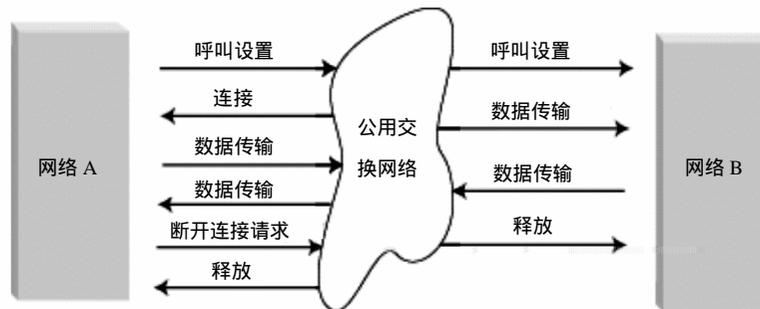


图 2.4 SVC 信息传输

需要通过 SVC 传输信息时，先向目的网络发送一条设置消息。设置阶段完成并建立连接后，就可以通过网络来传输信息了。

呼叫释放阶段由源结点发送给目的结点的断开连接消息构成。其间两个网络都释放网络连接，之后它们之间的电路不再存在。

练习

1. 具体描述虚电路。
2. 对于下面的每种情形，确定它是 PVC 还是 SVC。
 - a. PC 通过以太网局域网访问服务器
 - b. PC 通过令牌环局域网访问服务器
 - c. 浏览器通过 Internet 访问一个 Web 页
 - d. 调制解调器将用户连接到 Internet

- e. 两个网络通过 T1 线路连接到一起
- 3. 画图表示 SVC 的信息传输过程。

补充练习

- 1. X.25 协议包交换网络如何工作？这些协议又是如何解释 SVC 的概念的？
- 2. 什么网络使用 PVC？与 SVC 比较具有哪些优点？

第二节 连接到广域网电路

广域网电路用于通过电信网络传输不同类型的信息。本节的主题是连接到广域网的各种不同方式。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 确定在连接到广域网时，何时使用调制解调器，何时不使用调制解调器
- ▶ 理解数据通信设备（DCE）和数据终端设备（DTE）的概念

关键知识点

- ▶ DCE 和 DTE 是常用的电信术语。

数据通信设备

传统的请求服务设备，其电话术语是数据通信设备（DCE），也可以用“数据电路终端设备（DCE）”这个术语。DCE 可以包括以下项目：

- ▶ 调制解调器，如果传输信道是模拟信道（至少本地环路是模拟信道）；
- ▶ 数字编码设备，如果传输信道是数字信道。

今天，执行第 2 层或更高进程的设备通常是计算机，但也可以是终端或其他专用设备，如自动取款机。在电信术语中，将所有这一类的设备称为数据终端设备（DTE）。图 2.5 描述了 DCE 和 DTE 这两种设备类型之间的差别。

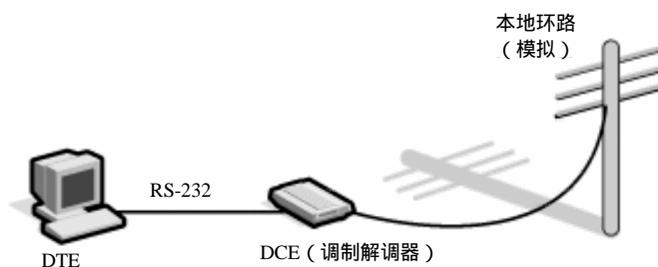


图 2.5 DCE 和 DTE

DTE 到 DCE 协议

DTE/DCE 接口有很多不同的标准。其中两种重要的标准是电子工业协会 (EIA) 的 RS-232D 标准和宽带 ITU-T V.35 标准。

这两种标准都是针对接口的物理层 (机械和电气) 特性及其程序上的特征的。DTE 和 DCE 之间的连接电缆都使用一种叫做 DB25 的 25 针接头 (以及另外一种 9 针形式)。DTE 接口和 DCE 接口都位于开放式系统互连 (OSI) 模型的第 1 层。还要考虑另外一些协议: DTE 之间 (通过 DCE 相连的) 的协议和 DCE 自身之间的协议。

层上层

在大多数环境下, 协议可以分成与局域网有关的协议和与广域网有关的协议。例如, 通信可能发生在局域网中的一台计算机与另一个局域网中的一台计算机之间, 并且使用 TCP/IP 协议栈。利用 T1 (后面将会讨论) 的帧中继等广域网协议, 这些协议可以通过广域网传输。

如第一节所述, 根据使用的协议不同, 局域网之间使用的电路和连接类型可以是 PVC, 也可以是 SVC。例如, 如果希望将两个局域网之间连接起来, 可能使用如图 2.6 所示的 PVC。此 PVC 可能是一个只执行物理层协议的数字电路 (如 DDS 或 T1), 且只提供点到点连接。

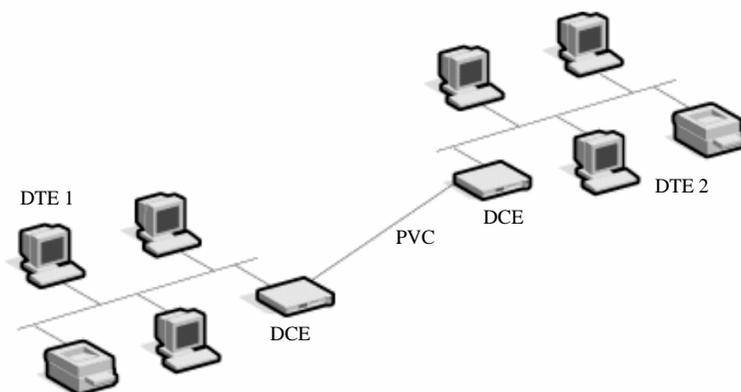


图 2.6 永久虚电路 (PVC)

DTE 1 产生的信息可以通过 DCE 和 PVC 到达远端的 DCE。DCE 设备再通过局域网将信息传送给目的 DTE (DTE 2)。

图 2.7 给出了两个连接到 SVC 的 DTE 之间的连接。在该图中, 3 个 (或更多潜在的)

局域网连接到提供交换连接的电信服务。如果 DTE 3 要向 DTE 4 发送数据，则将这两台设备连接到网络的 DCE 将首先在它们自己之间两两建立连接。虚电路建立之后，DTE 能够相互发送信息。DTE 之间的通信完成后，虚电路就被终止了。

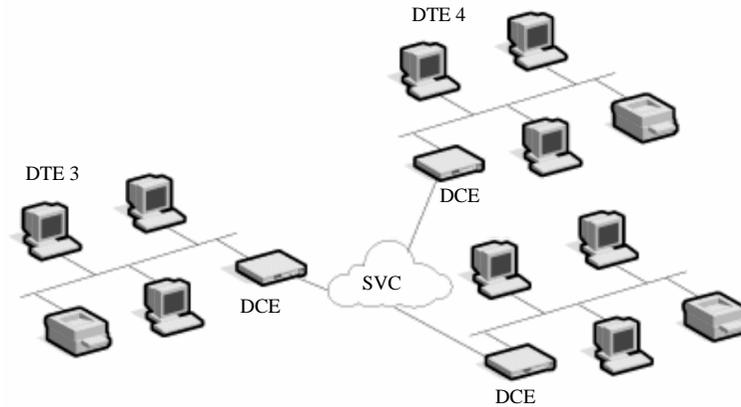


图 2.7 交换虚电路

应该注意，计算机很少被称为 DTE，但是在电信技术领域，DTE 依然广泛用来将接入广域网的设备归为一类。还要注意，DCE 未必一定是连接“线缆”网络的设备。这些设备能够通过其他方法（如微波和卫星技术）发送信息。

练习

列出下面的连接所应用的接口：

- PC 到外部调制解调器
- 内部调制解调器连接到电话公司
- 以太网网卡（NIC）到网络
- 以太网局域网到路由器

补充练习

使用 Web，研究其他 DTE 到 DCE 连接的物理层标准。研究中需要包括下列标准：

- RS-422
- RS-423
- RS-449

第三节 连接到模拟网络

本节学习与计算机连接到模拟网络有关的关键术语和概念。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 理解与调制解调器有关的术语
- ▶ 描述调制解调器的基本组件
- ▶ 给定链路速率，计算不同大小文件的传输时间

关键知识点

- ▶ 通过模拟网络发送信息时需要用调制解调器。

调制解调器概念

在讨论调制解调器时，常用到波特 (Baud)、比特每秒 (b/s)、字节和字符每秒 (c/s) 等术语。波特是按照 19 世纪的法国发明家 Baudot 的名字命名的，最初是指电报员发送莫尔斯电码的速度，后来表示信号每秒改变状态的次数。比特是可以用 1 或 0 表示的单个二进制数据单位，因此看上去 b/s 与波特好像是一样的。但是相移键控、其他调制以及数据处理技术允许高速调制解调器的每个波特可以传输多于 1 比特的数据，也就是说，传输 28 800 b/s 可以用实际上更低的波特率。因此，描述高速调制解调器速率时正确的术语是 b/s。

虽然一个正常的字节 (“字符”) 包含 8 比特，但发送端串行端口的通用异步接收器/发送器 (UART，发音为 “u-art”) 会添加异步数据串中需要的开始位和停止位，再由接收端 UART 将其删除。

基于以上信息， $(28\,000\text{ b/s}) / (8\text{ 比特每字符}) = 3\,500\text{ c/s}$ 的速率也许是可能的。但是，额外开销会降低实际的吞吐速率。如果允许数据压缩而且数据是可压缩的，吞吐速率会更高。吞吐速率取决于数据的可压缩度、线路质量和其他因素。如果从 Internet 上下载，要知道我们连接的服务器可能同时为很多客户服务，而所分得的 “时间片” 可能会导致只能以更低的速率提供数据。由于频繁开始和结束 (或者当连接到繁忙的网络时)，我们会发现，28.8 kb/s 的调制解调器无法达到其峰值速度——等待的时间比工作时间还要长。

内置与外置调制解调器

内置调制解调器位于插入 PC 总线的一块卡上。内置调制解调器卡上带有自己的串行端口，并使用 PC 电源。外置调制解调器通常独立安装在自己的机壳内（或者以商用版形式安装在支架上），拥有独立的电源，并通过串行电缆方式连接到 PC 后面的一个串行端口上。图 2.8 显示了内置调制解调器和外置调制解调器。



图 2.8 调制解调器类型

每种调制解调器都有自己的优点，包括：

- ▶ 内置调制解调器没有机壳和电源，通常比较便宜。由于安装在计算机内，占用的桌面空间少。
- ▶ 外置调制解调器通常带有指示灯面板、发光二极管或者液晶显示面板，显示有关当前进程的信息，帮助诊断和解决问题。外置调制解调器可以独立于计算机而开、关电源来进行重新设置。

UART

串行设备（如串行调制解调器）使用 UART 接口芯片与 PC 进行通信。外置调制解调器通过一条串行电缆连接到一个基于 UART 的 PC 串行端口，再连接到 PC；内置调制解调器自带基于 UART 的串行端口。实际上，UART 将来自计算机的并行数据转换成串行数据流，或者反向转换。

RS-232

RS-232 定义了计算机与调制解调器之间的接口。RS-232 术语通常指一个标准系列，这个标准系列是 EIA、ITU-T 和国际标准化组织（ISO）制定的，提供了计算机和外部世

界（特别是电话网络）的接口。（现在这个基本标准的正式名称是 EIA-232，但仍然常用 RS-232 这个名称。）这些标准为数据传输速率（如 19200b/s）定义了串行端口（计算机每次只发送 1 位）。图 2.9 给出了 RS-232 电缆说明。

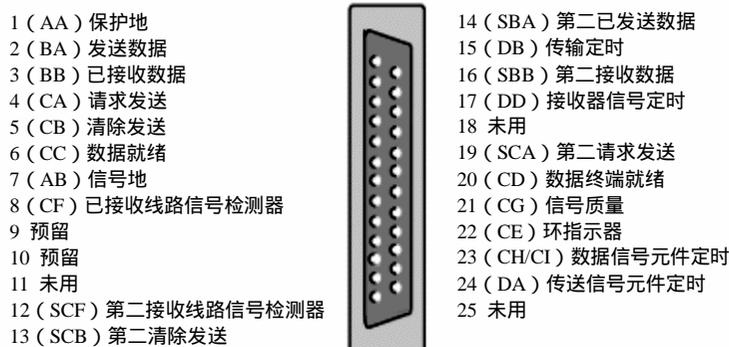


图 2.9 RS-232 电缆接头的针分布

从 DTE 到 DTE 通信中有一个常见的特例。在两个 DTE 的物理位置很接近时，比如，同一房间内的两台计算机相连时有必要使用两个调制解调器吗？能不能用 RS-232 和 EIA-530 电缆把它们简单地连接在一起呢？实际上，普通的电缆不能实现这种功能，但只要把电缆中的某些线路简单地交叉在一起，就能够用电缆把 DTE 连接起来。这种电缆叫做假调制解调器（Null Modem）。图 2.10 显示了这一概念。

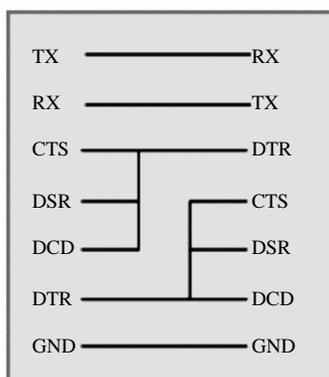


图 2.10 假调制解调器

调制解调器信号

尽管市场上有许多类型的调制解调器，但它们都必需含下列通用组件：电源、发送器和接收器。电源通常采用 120 V 或 220 V 交流电（AC），并将其转化成调制解调器内部电路可用的直流（DC）电压。发送器把数字信号调制成模拟形式。接收器将模拟信号解调为原来的数字格式，如图 2.11 所示。

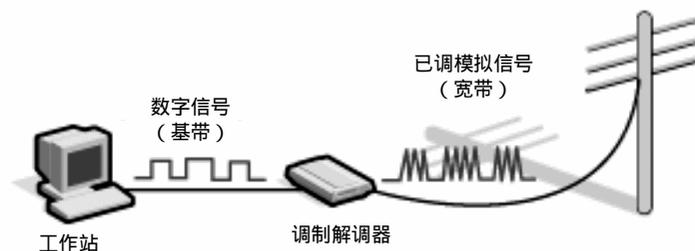


图 2.11 调制

为异步操作和同步操作设计的调制解调器，它们之间一个主要区别在于：同步调制解调器包含一个时钟源和定相电路，而异步调制解调器没有。异步调制解调器不需要时钟源，是因为数据是以不固定的时间间隔传输的。这些调制解调器在每个字符上实现同步。在同步传输中，数据以固定的时间间隔连续发送。

练习

填写下表中以不同链路速率传输特定文件的时间长度，并计算每个传输的额外开销是多少。

| 文件大小 (8 位字符) | 传输速率 | 每个字符的开销 / 比特 | 开销 / (%) | 占用时间 /s |
|--------------|---------|--------------|----------|---------|
| 20 KB | 28 kb/s | 2 | | |
| 20 KB | 56 kb/s | 2 | | |
| 500 KB | 28 kb/s | 3 | | |
| 500 KB | 56 kb/s | 3 | | |

续表

| 文件大小 (8 位字符) | 传输速率 | 每个字符的开销 / 比特 | 开销 / (%) | 占用时间 /s |
|--------------|----------|--------------|----------|---------|
| 1 MB | 56 kb/s | 2 | | |
| 1 MB | 128 kb/s | 2 | | |
| 10 MB | 56 kb/s | 2 | | |
| 10 MB | 128 kb/s | 2 | | |

补充练习

使用假调制解调器电缆连接两台计算机 (如台式机与膝上型计算机), 并传送一份文件。

第四节 模拟调制解调器

调制解调器是数据通信网络的基本组件，因为它使数字设备之间能通过公用电话网或专用电话网（其中包括部分模拟设备）进行通信。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述在今天的网络中使用的常见调制解调器协议
- ▶ 理解调制解调器的基本概念，并理解如何用它们通过电信网络交换信息

关键知识点

- ▶ 调制是将数字信息转换成模拟信息的过程；解调是将模拟信息转换回数字信息的过程。

调制解调器协议

在通信信道两端的 DCE 必须使用相同的协议。在现有的多种协议中，有些是为通过模拟链接（调制解调器之间）的通信而定义的。

任何调制解调器之间的通信协议都定义了：

- ▶ 链接的电气性能，它决定了调制解调器交换数据的最大比特速率；
- ▶ 调制解调器怎样均衡，也就是怎样建立一个同步的电压参考标准；
- ▶ 它们工作在异步（开始-停止）模式、同步模式还是两者均可；
- ▶ 它们工作在全双工还是半双工模式。

租用线路通常是四线线路，尽管有时也可能租用二线线路。半双工是指用一对线路传输其中一个方向的信号，用另一对线路传输另一个方向的信号，但是两个方向不能同时传输。半双工比用单对线路传输两个方向的数据要快，因为在数据传输方向改变时，调制解调器不用等待线路“改变”方向。

全双工指两个方向的数据可以同时传输，每个方向都有一对线路。原则上，全双工允许两个方向的数据同时传输。实际应用中，全双工传输的主要优点是，当一条信息向一个方向传输时，先前已传送的信息的“确认”信息就能从反方向传回发送方。

在单对线路上，也能实现全双工，这时采用的技术类似于 FDM 方式，不同方向的传

输使用不同的载波频率。

调制

由于部分公用电话网络可以传输模拟信号，所以必须通过一个叫做调制的过程将数字信号转换成模拟信号。调制改变了载波（电信号）的形式，使其能够通过某些类别的通信介质传输有用信息。将数字计算机信号（基带）转换成模拟信号，通过模拟设备（如本地环路）进行传输。将模拟信号转换回原来的数字信号，这个逆过程叫做解调。如图 2.12 所示，有 3 种基本的调制技术：

- ▶ 调频（FM）
- ▶ 调幅（AM）
- ▶ 调相（PM）

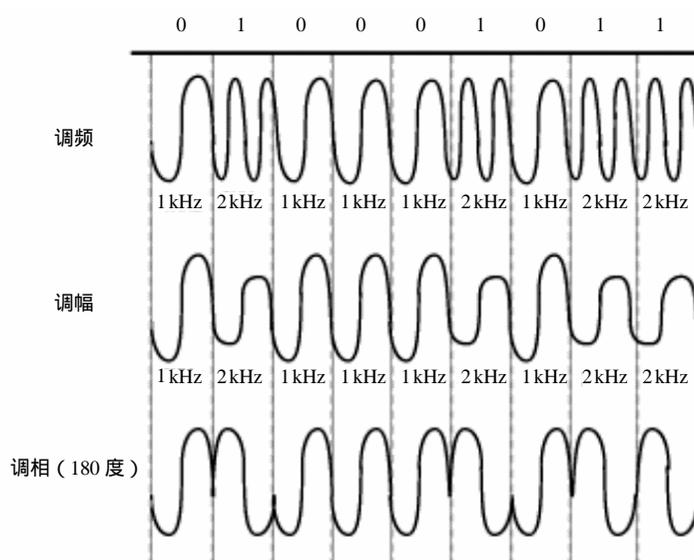


图 2.12 调制技术

调频

最常见的调频（FM）是移频键控（FSK），这是 AT&T 103 和 113 系列调制解调器使用的一种 2 电平的技术。FSK 调制表示通过改变音频频率来改变二进制位模式。当线路空闲时，假设其处于稳定的二进制 1 或“标记”状态，用音调的一个频率表示。当发送

数据位 0 时，调制解调器切换到另外一种音调频率，在发送数据时产生独特的像音乐的声音效果。FSK 调制在速率较低时工作良好，不过随着数字信号速率的增加，分配给频率转换的时间会减少，产生和检测音频的变化都很困难。

调幅

调幅 (AM) 是最简单的调制技术，它只产生单一的载频信号。如果所产生的波形的振幅很高，就表示二进制的 1；如果振幅很低，就表示二进制的 0。AM 对线路干扰非常敏感。正交调幅 (QAM) 是一种调幅与调相组合的技术，本质上是一种四相技术。这种方法使用相同频率的两个信号，不过相互之间有 90 度的相差，使得波形 A 的最高幅度点与波形 B 的最高幅度点相差 90 度。这些信号组合成为一路进行传输，称之为 16QAM。

每个发送线路可以有 4 个可能的振幅电平 (A1、A2、A3 和 A4)，与传输波形的 4 个不同相位 (如 45、135、225 和 315 度) 进行不同组合。将这两个信号组合在一起，可以产生 16 种不同的情况，每一种情况表示 4 比特信息。

通过在每个角度上设置 8 个可能的振幅电平，也可以表示 32 种不同情况 (32QAM)，以产生两倍的信息。

调相 (PM)

移相键控 (PSK) 使用信号中相位的变化或它与固定参考相位的定时关系来表示二进制位模式中的变化。参考振荡器决定了输入信号的相角的变化，也就决定了要传送哪一位或哪两位。差分移相键控 (DPSK) 把输入信号的相位角度和先前收到的信号码元进行比较。相位没有变化就表示二进制 0。这种方法不需要独立的参考相位，因此采用这种方法可以减少调制解调器中线路的数量。PSK 用在许多中速调制解调器中，而在一些高速应用中，它同 AM 相结合，形成 QAM。QAM 技术可以使速率达到 9 600 b/s 或更高。

调制解调器运行

调制解调器通常能够运行在几种不同的速率下。用户可以通过软件命令方式或改变组件、线路或开关设置来调整运行速率。调制解调器的低效运行速率是指它检测线路不良情况和降低传输速率来防止差错的能力。例如，一个运行速率为 28.8 kb/s 的调制解调器，当线路情况恶化时，其速率可能降低到 9.6 kb/s 或 4.8 kb/s。

V.32bis 标准提供了一种可选的向下功能。这允许调制解调器主动查询线路，并在确定

情况好转时，重新把调制解调器设置到所允许的最高速率。这是一个很有价值的特性，因为在传输一个特别长的文件时线路如果发生一点小的故障，就会把本来 30 分的通话变成耗费 3 小时的数据传输。有了向下功能，调制解调器可能只有几分钟处于低速传输。

有限距离调制解调器通常可以通过专用线路在局域网范围内提供高数据速率。当数据速率增加时，传输的有效距离会降低，有时甚至是急剧降低。

数据传输速率通常以比特/秒 (b/s) 来衡量，但是有时也用波特 (Baud) 来表示。虽然它们非常类似，但它们是不一样的。单位 b/s 表示的是数据信号速率，波特衡量的是调制的速率。

在理想电话线路条件下，28.8kb/s 调制解调器以 28800b/s 传输数据。通过数据压缩技术，可压缩文件的传输速率可达到以上吞吐量的两倍或更高。

28.8kb/s 调制解调器“标准”是 V.FC 和 V.34。V.FC 协议是一个暂时协议，是由 Rockwell 开发的，该标准的建立是在 V.34 之前。V.34 是一个更有生命力的协议，而且大多数新的 28.8kb/s 调制解调器都符合 V.34 标准（或者 V.34 和 V.FC 都符合，向下兼容）。

28.8 kb/s 调制解调器利用了现有电话系统的几乎全部带宽。实际上，已经超出了“额定”带宽——就是说，28.8 kb/s 正在突破现有模拟电话系统的速度限制。一些高端调制解调器已经开发出来，它们对 1994 年的 V.34 标准进行了扩展，可以支持高达 33.6kb/s 的速率 (AT&T, USRCourier)。但限于现有的电话线路状况，那些拥有这种新的调制解调器的用户无法获得调制解调器本身所提供的那么大的速率。更新的调制解调器运行速率是 56kb/s，但是要想达到这么高的速率，还要有适于它的特殊环境。

由于模拟波形是连续的，而二进制数字是离散的，通过本地环路发送并在另一端重建的数字只是近似于原来的模拟波形。原波形和重建的数字化波形之间的差别叫做数字化噪声，它限制了调制解调器的速度。

数字化噪声将 V.34 通信信道限制在 35kb/s 左右。但是数字化噪声只影响模/数转换，而不影响数/模转换。这正是 V.90 的关键：如果在 V.90 数字调制解调器和本地环路之间没有模/数转换，而且如果此数字连接发送器只使用电话网络数字部分的 255 个离散信号电平，那么精确的数字信息可以到达模拟调制解调器的接收器，并且在转换过程中没有信息损失。

下面是其工作过程：

1. 服务器有效地以数字方式连接到电话公司的干线。
2. 服务器发出信号，其编码进程只用电话网络的数字部分中使用的 256 个 PCM 代码。换句话说，没有与模拟信号转换为离散值 PCM 代码有关的量化噪声。
3. PCM 代码被转换成相应的离散模拟电压，并通过模拟环路发送给模拟调制解调器而不会损失信息。

4. 客户机接收器根据接收到的模拟信号重建离散网络 PCM 代码，对发送器发送的内容进行解码。

数据是以二进制数形式通过本地环路从 V.90 调制解调器发送的。如果这些条件存在，通过本地环路就可以获得 56kb/s 的速率。

练习

1. PAM 调制方式是 AM 与 PM 的组合。判断对错。
2. 列出并描述调制解调器协议。
3. 描述半双工、全双工及其与二线/线线路之间的关系。
4. 简要描述 16QAM。
5. 填写下表中通过不同链路速度和以不同的压缩率传输特定文件需要的时间。

| 文件大小 (8 位字符) | 传 输 速 率 | 压缩百分比 | 占 用 时 间 |
|--------------|----------|-------|---------|
| 20 KB | 56 kb/s | 0 | |
| 20 KB | 56 kb/s | 30 | |
| 500 KB | 128 kb/s | 20 | |
| 500 KB | 128 kb/s | 40 | |
| 1 MB | 256 kb/s | 30 | |
| 1 MB | 256 kb/s | 50 | |
| 10 MB | 256 kb/s | 30 | |
| 10 MB | 256 kb/s | 70 | |

补充练习

1. 浏览网址：<http://www.3com.com/technology>，阅读标题为“3com V.90 Technology”的白页，准备在课堂上讨论。

2. 浏览网址：<http://www.nufusion.com>，找出 V.90 与 V.92 的相关内容。他们在实现方式上有什么不同？V.92 与 V.90 相比有哪些改进？为什么服务提供商和电信运行商更愿意使用 V.92？

第五节 调制解调器的同步

要进行通信，调制解调器必须同步。这种同步使得通过通信电路传输的每个独立比特都可被正确地接收。本节包括同步及调制解调器的其他重要特点。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 区分同步和异步通信
- ▶ 了解位同步的重要性

关键知识点

- ▶ 广域网既使用同步通信，也使用异步通信。

时序就是一切

为了确保有顺序的数据流可以顺利通过通信设备，在构成消息的数据位之间必须建立一种叫做同步的时间关系。两种同步的基本形式是同步和异步。通过调制解调器进行的 PC 到 PC 的传输通常是异步模式。同步模式用于 PC 或终端与主机之间的通信。

异步操作意味着数据位不按照严格的时序发送，就像图 2.13 所示的那样。每个字符的开头都是通过传输一个起始位的方式显示出来的。发送完字符的最后一位后，发送一个停止位表示字符发送结束。调制解调器只能在用来传输 8 位的时间长度范围之内保持同步状态。如果它们的时钟只存在微小的不同步现象，那么仍然能够成功地进行数据传送。

同步操作则恰恰相反：调制解调器必须首先对其内部时钟电路进行严格同步，这通常是在建立连接之后通过发送固定长度的突发位来实现的。如果要传输数据，发送调制解调器不时地向线路发送一个 1 或 0。接收调制解调器按照相同时序对线路上的信号采样，将线路状态（1 或 0）发送给 DTE。调制解调器必须保持同步才能进行通信。

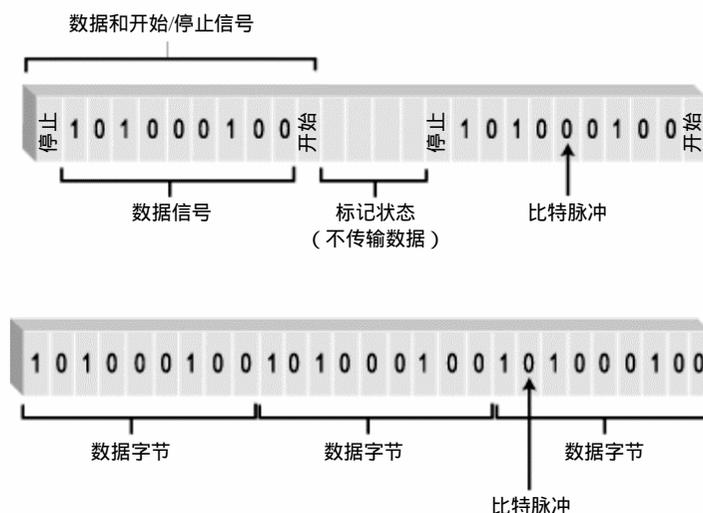


图 2.13 异步和同步传输

数据压缩与差错控制

数据压缩是消除重复的字符和字符组中重复出现的代码的一种技术，可以明显地改善数据传输率。大多数高速调制解调器都满足国际电话电报咨询委员会（CCITT）V.42bis 的要求，可以提供 4:1 的压缩比。因而，带有 V.42bis 的 14.4kb/s 的调制解调器的最大速率可以达到 57.6kb/s。这些协议无法进一步压缩那些通过 PKZip 等压缩程序压缩过的文件。此外，2:1 和 4:1 的压缩比只是理论值。例如，根据数据类型和电话线路条件的不同，V.42bis 通常产生介于 2:1 和 3:1 的压缩比。

数据传输的主要问题之一是变化不定的模拟语音级电话线的质量。除了模拟线路的一般限制以外，瞬时噪音、谐波失真、相位抖动以及其他信号干扰都会导致比特流出错。目前解决这些问题的办法包括进行昂贵的线路调整和（或）选择具有高级线路均衡功能的调制解调器。前向纠错（FEC）技术使处理器能够在传输之前通过一系列复杂算法计算比特流，这样就在原始数据块中添加额外的位，形成了重新编排的比特序列。在通信电路的接收端，另外一个处理器对此比特流进行解码。发送端插入的位可以确定数据块的接收是否正确，并且可以纠正任何错误接收的数据块。进行这些调整时，都不需要重发原始数据的任何部分。

为了满足微型计算机拨号链路使用的增长需求，引入了纠错协议，以确保文件传输数据的完整性。在线信息服务、电子邮件设备和分组网络都需要不同的协议。而且，PC 到

主机的链路具有自己的协议规范。没有哪个协议能够满足所有通信的需要，但用户可以有几种选择。一些设备通过应用能实现纠错的调制解调器来解决协议兼容性问题，它允许主机在不影响主机软件或通信端口的前提下与各种基于 ASCII 码的系统进行通信。

调制解调器的兼容性

“握手”是指两台或更多计算机在能够进行通信之前需要经历的初始化过程。在所有的数据通信协议中，通信双方首先就要进行握手，在建立连接的通信设备之间互换控制信号。设置、传输和终止呼叫所需的信号在标准中都有规定。为了进行握手，调制解调器之间必须是兼容的。在同一网络中，混用不同供应商的调制解调器是很常见的，这是因为数据网络往往是分阶段实施的，使用的设备随着时间的推移而发生变化。当发生机构变化时，最早提供网络调制解调器的供应商可能已经不再生产这种设备了。另外，在没有中央网络管理的单位中，几个个体可能为同一个网络分别购买设备。由于网络中的大多数设备都会由于寿命终止或出现故障而被更换，毫无疑问，用户可能会更换供应商。数据通信既存在地域上的距离，又包括公司间距离，这可能导致通信设备的职能分工和对通信设备施加不同的限制。

AT&T 兼容性

就像传统上主机通信和设备标准由 IBM 建立一样，通过调制解调器通信的标准已由 AT&T 建立。虽然这种情形正在改变，但是很多早期的 AT&T 调制解调器（通常叫做 Bell 系统调制解调器）仍然是众所周知、广泛应用的，并常常被其他制造商复制。即使是由不同的制造商制造的调制解调器，只要都与某个 AT&T 调制解调器规范兼容，就有可能相互兼容。AT&T 兼容的调制解调器的制造商倾向于用各种有用的功能来修饰原来的 AT&T 规范，以使自己的产品有别于其竞争者的产品。

调制解调器之间的兼容性在很大程度上取决于其调制技术符合 AT&T 规范的程度。得益于改进 AT&T 标准的供应商，可能将规范修改得与原来的 AT&T 产品不兼容。在大多数情况下，不必怀疑制造商声称的 AT&T 兼容性。

CCITT 兼容性

许多拨号调制解调器和专用线路调制解调器都遵守 CCITT 标准，如早期的 14.4 kb/s 传输的 V.32bis 标准。CCITT V 系列调制解调器规范要求更新、更快的调制解调器对其早期产品向下兼容。

由于各大陆之间的信令约定和设备不同，若原来为欧洲设备设计的调制解调器用于北

美网络中，此时可能就会产生兼容性问题。例如，由于为美国制造的 V.22bis 调制解调器能够容许在建立呼叫时遇到的小差异，因此它通常能对欧洲 V.22bis 调制解调器发起呼叫；但如果欧洲调制解调器发起相同的呼叫，此时就无法完成。

Hayes 兼容性

微型计算机调制解调器固有的另外一种兼容性涉及到 Hayes AT 命令结构。Hayes 兼容性主要与调制解调器命令、调制解调器响应和提供与各种通信程序兼容的设置的能力有关。Hayes 兼容产品带有可以监听呼叫进程的扬声器和外置单元上的前面板状态指示灯，且具有异步操作的自动拨号、自动应答、手动拨号和手动应答等功能。

练习

1. 在通信中开始位和停止位的作用是什么？
2. 哪种类型的通信需要时钟？
3. 在异步网络中用一个奇偶位来进行初步的差错校验。如果是偶校验，校验位将使字节中的 1 的个数加上校验位后构成一个偶数。如果是奇校验，则校验位加上字符中的 1 的个数将是一个奇数。如果传输以下字节，而且是奇校验，如何设置其中的校验位（0 还是 1）？
 - a. 11001011
 - b. 10101010
 - c. 00011010
 - d. 11111111
4. 什么是前向纠错 FEC？
5. 同步传输与异步传输，哪一种更有效？
6. 填写下面的表格：

| 文件大小 (8 位字符) | 传输速率 | 压缩比 | 占用时间 |
|--------------|----------|-----|------|
| 20 KB | 56 kb/s | 3:1 | |
| 20 KB | 56 kb/s | 2:1 | |
| 500 KB | 128 kb/s | 2:1 | |
| 500 KB | 128 kb/s | 3:1 | |
| 1 MB | 256 kb/s | 3:1 | |
| 1 MB | 256 kb/s | 2:1 | |
| 10 MB | 256 kb/s | 2:1 | |
| 10 MB | 256 kb/s | 3:1 | |

补充练习

使用调制解调器仿真电缆和 Windows 95/98 拨号上网功能在两台 PC 或一台 PC 和一台笔记本电脑之间传输一份文件。确定文件传输的速率。然后，将文件压缩后再次进行传输。比较两次的结果。

第六节 连接到数字网络

当连接到模拟网络时，采用调制解调器将数字脉冲转换成模拟波形。但是，广域网可能由能够传输数字信息的物理电路构成。本节将学习连接到数字网络的方法。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 了解在广域网连接中何时使用信道服务单元（CSU）和数据服务单元（DSU）
- ▶ 至少说出 1 种通信公司提供的数字服务的名称

关键知识点

- ▶ 数据可以以数字格式在广域网中从信源传输到信宿。

DTE 和信道服务单元接口

数字服务的本地环路通常终止于用户楼中的一个信道服务单元（CSU），如图 2.14 所示。CSU 实际上是在本地环路（也就是电话信道）上产生传输信号的设备。DTE 与 CSU 的连接有几种方法，包括：

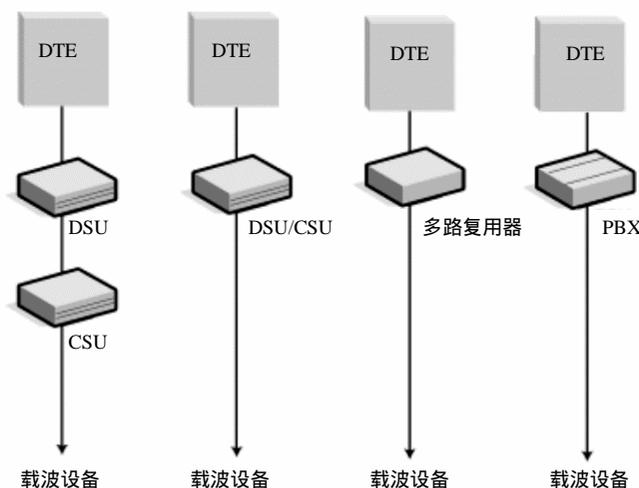


图 2.14 DSU/CSU

- ▶ 通过数据服务单元 (DSU) ——当用户第一次获得数字服务时, 电话公司不允许用户直接连接到本地环路上, 因此 CSU 是由电话公司提供的。DSU 则是由用户自己提供的。现在 CSU 和 DSU 被结合成了一种单一的设备 (DSU/CSU), 通常由用户拥有。
- ▶ 通过多路复用器。
- ▶ 通过作为 PBX 一部分的信道组——CSU 经常被内置于 PBX 中。

值得注意的是, 对于很多数据连网设备而言, DSU/CSU 常常用做实际设备的一部分, 而不是作为一个独立的组件。带有可连接到 T1 线路上的广域网端口的路由器, 就是一种这样的设备。

亚速率设备

任何运行速率比 0 级数字信号 (DS-0) (64kb/s) 低的设备都叫做亚速率设备。AT&T 的数据电话数字服务 (DDS) 和 British Telecom 的 Kilo Stream 都是亚速率设备。用户可以使用其第一种数字电信设备, 它是基于北美的 DS-0 的, 但在世界其他地区提供完全相同的服务。其他的亚速率设备都非常相似。

数据电话数字服务

数据电话数字服务 (DDS) 为用户提供了跨越整个美国数字网络的访问。其用户使用部分或全部的 DS-0 信道。提供的 DDS 服务有:

- ▶ 2400 b/s 租用线路
- ▶ 4800 b/s 租用线路
- ▶ 9600 b/s 租用线路
- ▶ 19.2 kb/s 租用线路
- ▶ 56.0 kb/s 租用线路
- ▶ 56.0 kb/s 交换线路

用户必须通过一个 DSU/CSU 连接到 DDS 设备。本地环路运行的比特率是由用户选择的服务决定的。但是从端局以后, 电话公司把本地环路同其他的 DDS 线路和 T-Carrier 上的语音信道多路复用在一起。这包括将多条 DDS 线路多路复用到单一 64 kb/s DS-0 信道。

DDS 的运行速率和方式都同 DDS 一样, 不过还能给每个基本的亚速率信道提供一条诊断信道。使用较新的 DSU/CSU 设备的用户可以利用这条诊断信道来执行无损检测和

网络管理功能。

用户可以把多种亚速率设备多路复用成单一的 DS-0，称之为亚速率多路复用。

练习

1. 试比较调制解调器与 CSU/DSU 的异同。
2. 电信运行者可以提供什么数字业务？
3. 确定下面的传输速率需要多少个 DS-0 来匹配。

| 传 输 速 率 | 64 kb/s 线路的数量 (全信道) | 56 kb/s 线路的数量 | 总比特流速率 |
|---|---------------------|---------------|--------|
| 3~19.2 kb/s 1~56 kb/s | | | |
| 4~19.2 kb/s 1~33.6 kb/s | | | |
| 3~33.6 kb/s 2~14.4 kb/s | | | |
| 4~19.2 kb/s 7~56 kb/s 2~14.4 kb/s | | | |

补充练习

1. 使用 Web，研究以下产品目前的发展情况：
 - a. CSU
 - b. DSU
 - c. DDS 和 DDS
 - d. PBX
2. 登录下列网站，根据其中提供的链接，研究你所在国家的数字通信服务。
<http://www.fcc.gov/mmb/asd/bickel/foreign.html>

第七节 微波通信

微波通信可通过各种方式进行网络之间的通信。微波可以用于语音或数据的短程通信、视距通信，使用微波中继站还可进行长途通信。本节将学习微波系统的基本原理。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述微波通信如何用于连网
- ▶ 列出微波网络的优缺点

关键知识点

- ▶ 微波电路使用射频（RF）信号在两点之间传输比特流。

微波通信基础

微波通信是最广泛使用的传输方式之一。微波系统通常采用调频（FM）技术。其工作过程包括产生一个射频（RF）信号，然后进行调制、放大，并送到发射天线系统。最终发出的信号通过空气传到接收天线，在那里进行采样、放大和解调。一般来说，微波特性与低频无线电信号类似，但是微波传输在工程和费用方面要大大优于低频无线电信号传输。

例如，第 2 个 VHF 信道的波长大约是 6m。这意味着为了获得最大信号效率，接收天线的长度必须是 3m 左右。另一方面，一个 4000MHz 的微波信号的波长只有 7.5cm 长，这不仅减少了接收天线的尺寸，还降低了成本费用。

微波系统通过视距路径进行通信。也就是说，信号要从发送器到达接收器，每个天线必须能够彼此“见到”对方。这种方法初看起来很受限制，但是在微波传输中使用更高频率信号时，这种无线电波就显示出同光波一样的性质（例如，它们可以聚焦）。因此，在短距离的情况下，通过中间的天线或无源反射器，用户可以很容易地操纵信号方向，以保持视线范围内。在进行长途传输时，就必须使用一系列的中继站（二级发送/接收系统）。这些设备能够提供保持视距通信所需的额外增益和方向控制，还可以避免被障碍物阻挡。这种微波系统如图 2.15 所示。

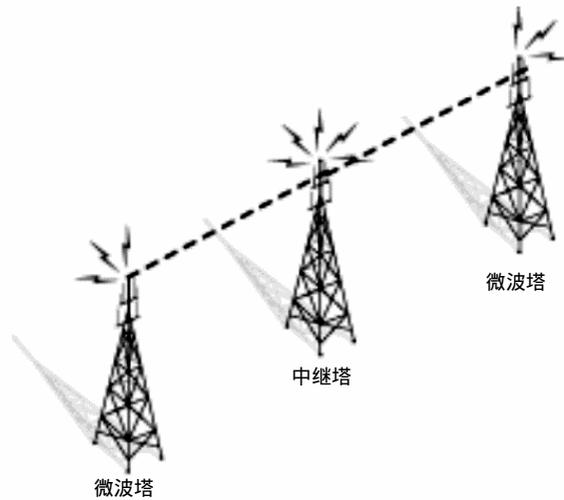


图 2.15 微波中继站

微波系统也有其自己的缺点。微波信号都有衰落的基本倾向，主要是由于信号干扰或环境影响（如多径反射或大雨）造成的。信号干扰的方式有可能是渡越干扰，即信号越过中继器而到达下一个站点的接收天线，通常用定义 Z 字形信号路径或在接收站之间使用交变的频率来控制这种干扰。另一种由于邻近信道的干扰而产生的信号异常也会偶尔发生，尽管这种异常在使用了先进的带通滤波技术后大部分都已消除了。

从环境方面考虑，在天线之间以视距传输的主波由于气候变化的影响（比如地面上的浓雾），就会沿第二条路径反射，从而产生多径传播。由于反射波到达天线时，传输的距离比主波长，所以它到达的时候有点异相。这种情况导致了信号电平降低。当频率高于大约 10GHz 时，雨点会吸收信号能量，其结果是引起信号衰减（即雨衰）。

微波设备

建立微波网络所需的设备和方法是很容易获得的。微波设备通常可分成 4 类：

1. 多路复用器；
2. 调制解调器；
3. 发射器/接收器；
4. 天线设备。

多路复用器

微波系统中有两种类型的多路复用器：时分多路复用器（TDM）和频分多路复用器（FDM）。

微波系统中使用的调制技术有 AM 和 FM，但今天的微波系统主要使用 FM 技术。这是因为单边带增加了长途传输的带宽利用率。

调制解调器

数字微波技术与模拟技术相比，其主要优点是通过数字系统可以全面减少噪声。当信号从发射器到转发器，再到接收器进行长途传输时，数字技术改善了信号的完整性。例如，如果转发器获得的信号受到的干扰，还没有影响到解调器区分构成数字信息流的 0 和 1 的程度，那么这个信号就可以再生，并按照接收到的信号进行传播。这通常可以与 T-Carrier（例如 T1）网络的信号质量相媲美。

微波发射器/接收器

调谐电路是一种滤波器，其中电容和电感都调谐到谐振频率，只允许很窄的频带通过。当有一部分信号反馈到调谐电路的输入端且此电路有放大作用时，则这个放大器就会振荡。振荡可以产生射频（RF）波。

如果一个 RF 信号能够通过空气传播并被远距离接收，就称之为 RF 载波。现在的微波发射器系统使用以下两种基本技术之一来产生这种效果：Gunn 二极管或砷化镓场效应管（GaAs-FET）。Gunn 二极管能够提供优良的响应，而且在 2~23 GHz 频段性能良好。而使用 GaAs-FET 像是未来的趋势，特别是从融合技术看，这种技术要求以更高的频率连续运行。

另一方面，微波接收器好像是发射器的一个镜像。信号被天线接收后，向下转变为 70MHz 的中频，然后再根据需要转发。

天线设备

微波系统中使用两种类型的天线：抛物面天线和喇叭形天线。这种设计将信号强度集中在很窄的波束之内，从而增加了传输的效率。用“增益”这个词表示天线的效率。天线本身是一种无源设备，也就是说，它不会主动影响信号的质量。然而，信号增益与天线直径是成比例的，因此天线系统对系统性能是有直接影响的。

练习

1. 微波系统的优点和缺点是什么？
2. 微波技术只能是“视线”通信，这对用户作出是否使用微波的决定有何影响？
3. 在乡村地区，微波技术如何才能更有利？
4. 在城市中，微波技术如何才能更有利？
5. 用微波技术替代拨号连接的主要优点是什么？

补充练习

1. 使用 Web，研究微波技术现在的发展，并回答下面的问题：
 - a. 如何用微波在城域网中传输数据？
 - b. 在同一局群中，如何用微波实现两个建筑之间的信息交换？
 - c. 微波的运行速率是多少？
 - d. 在你所在的区域内，有哪些微波的替代技术？
3. 录下列网站，研究国际微波通信应用和标准。
 - a. 欧盟：
<http://www.etsi.org>
 - b. 澳大利亚：
<http://www.aca.gov.au/authority>
 - c. 日本：
<http://www.joho.soumu.go.jp/>
 - d. 其他地方：
<http://www.fcc.gov/mmb/asd/bickel/foreign.html>

第八节 卫星通信

卫星系统常常用于广域信息交换，特别是国家与国家之间的通信。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 列出卫星系统的功能
- ▶ 指出卫星系统中使用的设备的名称

关键知识点

- ▶ 卫星主要用于电视、数据通信和科学研究。

连接到卫星

卫星是一种通信传输设备，接收来自地面站的信号，将其放大，并向能够看到该卫星且接收其发射的信号的所有地面站进行广播。卫星传输从单个地面站开始，经过卫星，终止于一个或多个地面站。卫星是活动的中继站，非常像地面微波通信中使用的中继站。图 2.16 给出了信号通过卫星传输的路径。

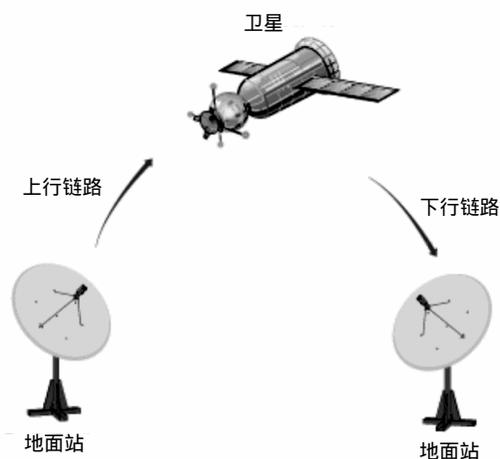


图 2.16 卫星信号路径

卫星包括如下 4 个基本功能：

- ▶ 接收来自地面站的信号；
- ▶ 改变接收到的信号（上行链路）的频率；
- ▶ 放大接收到的信号；
- ▶ 向一个或多个地面站重新发射信号（下行链路）。

卫星设备

卫星设备的功能类似于微波设备。卫星系统中常用的设备有：

- ▶ 多路复用器；
- ▶ 调制解调器；
- ▶ 发射器/接收器；
- ▶ 天线设备。

卫星频率范围

在卫星传输中使用 3 种频率范围，包括：

- ▶ C 波段——C 波段的上行链路频率为 6GHz，下行链路频率为 4GHz；
- ▶ Ku 波段——Ku 波段的上行链路频率为 14GHz，下行链路频率为 11GHz；
- ▶ Ka 波段——Ka 波段的上行链路频率为 30GHz，下行链路频率为 20GHz。由于 Ka 波段的频率范围较高，波长较短，所以用于这类系统的天线较小，也较便宜。

卫星的上行链路与下行链路频率不同是防止相对高功率发射信号干扰低功率接收信号。如果较强的发射信号与接收信号共用同一频率，强信号将覆盖弱信号从而破坏所携带信息。

卫星特点

通信卫星具有不同于其他通信技术的特有属性。其中一些属性使得卫星对于某些特定的应用来说，更实际、更具有吸引力。卫星的优点包括：

- ▶ 大带宽——卫星信号的频率很高，能够承载大量的数据。
- ▶ 低差错率——在数字卫星信号中的比特错误几乎只是偶尔发生。因此，卫星系统用于检错和纠错，既有效又可靠。

卫星的某些缺点使其对于其他一些应用来说，不实用或不可用。这些缺点是：

- ▶ 信号延迟——从地面到地球同步轨道上的一个卫星之间的遥远距离，意味着任何一路信号在卫星链路上传输，都有一个固有的传输延迟，大约是 250ms (1/4 s)。这种延迟在语音通信中能够感觉到，并使得使用数据通信协议的卫星效率极低，因而这些协议不适用于卫星链路。
- ▶ 地面站规模——由于要遵循美国联邦通信委员会 (FCC) 的法令，且占用二级卫星轨道空间，并且在一些频带范围内，卫星信号功率低，再加上信号必须跨越很远的距离，因此在地面接收站产生的信号极弱。这些因素将会使地面站的天线直径很大，安装很复杂，除非在适当的位置使用新的、更大功率的卫星。
- ▶ 安全性——所有卫星信号都是以广播的形式传输的，因此，只有信号加密后，才有可能消除这种不安全性。一个卫星覆盖范围内的地面接收站只要适当地调整频率，就可以接收到这个卫星传输的任何信号。
- ▶ 干扰——Ku 波段或 Ka 波段的卫星信号很容易受坏天气的影响，特别是雨天和雾天。坏天气对 K 波段的干扰是偶发性的和不可预测的，它的持续时间是几分钟到几小时。而工作在 C 波段的卫星网络易受地球上的微波信号的干扰。地球微波对 C 波段的干扰限制了地面站在一些大的城市区域的设置，而这些大城市正是用户集中的地方。

卫星系统的上述利弊在很大程度上影响了专用网络对卫星系统的采用和选择。对卫星网络有需求的那些用户（例如，那些在地理上站点分散的网络和要求很大带宽的网络），将会对卫星通信比地面网络相对经济的特点感兴趣。

卫星和轨道

现在的商用通信卫星占用的是地球同步轨道，其轨道周期和地球表面某一点的周期是相等的。因此，卫星看起来像是在地球上方的一个固定点上。卫星距离赤道地面的距离为 35 800km (22 300 英里)。卫星的运行速度是 11 070 km/h。

到同步轨道的距离是卫星通信的第一个主要限制。通过卫星链路进行传输的无线电信号的速度与光速一样 (300 000 km/s)。在此速度下，一个信号从地面到达卫星或从卫星传回地面约需要 125 ms (1/8 s)。在使用卫星信道时，这 250 ms 的信号传输延迟是固有的，它相当于用地面链路传输信号的延迟的几倍。

带宽

卫星可以提供与其他传输介质一样大或者更大的带宽。想一想单个彩电频道就占用 6 MHz。最新的通信卫星上每个转发器（接收和重发信号的设备）可以提供 36 MHz 的带宽。一个典型的通信卫星带有 12 个或 24 个转发器，总带宽分别为 432 MHz 和 864 MHz。大多数卫星的每个 36 MHz 转发器只能容纳一个电视频道。这是由于 6 MHz 电视信号位于视频基带，用 18~27 MHz 的峰值频偏对传输载波进行频率调制。

卫星协议

卫星电路的特性对某些数据通信协议的效率甚至实用性影响很大。其中两个很重要的因素是卫星信道固有的 250 ms 传输延迟和信道上较高的噪声。在这两个因素中，传输延迟的影响更大一些。

“滑动窗口”协议（例如 X.25）运行在多种数据块还未处理和确认的情况下，不终止发送方的发送。最好的卫星传输协议是位串行（bit-serial）协议，如高级数据链路控制（HDLC）协议和 IBM 的同步数据链路控制（SDLC）协议。在这些协议中，传输单元是一个可变的帧，通常它们的长度很长。每帧都需要有从接收方发送过来的正确接收的确认信息。但是发送方可以持续地发送帧，直到达到每个帧中包含的计数器的门限值。

这个计数器定义了一个帧窗口（或模数），它随着每帧的传输而增加，代表了发送方在等待接收方传过来的确认前，可以传输的帧的最大数目。这个最大数目等于窗口大小的值减去 1，大多数滑动窗口使用的窗口大小为 8。一个三位窗口（模数为 8）的工作站可以连续发出 7 个未得到确认的数据帧。如果发送这些数据所需的时间少于卫星延迟时间的两倍（或者 0.48 s），发送方就会控制数据流量，信道上的有效数据速率就会降低。

在卫星通信中，最实用的帧窗口长度是 7 位（模数为 128）。使用这种窗口的站点可以在收到确认信息前连续发送 127 帧。随着模值的增加，实际占用卫星信道传输的时间会同传输延迟成正比地增加。换句话说，信道的利用率是随帧窗口的增加而增加的。

在高层协议（例如 X.25 定义的分组协议）中，传输延迟有同样的效果。这样的协议有一个与底层协议的帧窗口类似的分组窗口。以分组层协议为例，其延迟效应是相似的，但延迟加倍，因为高层分组可以包含大量的帧。

目前所有的数据通信协议都是通过重发被破坏的帧来解决传输中的错误的。这种技术一般称做自动重发请求（ARQ）。通过 ARQ，发送站会存储发送出去的每个帧，直到该站

点接收到从接收站发送回来的对该帧的肯定确认。如果它在预定的时间段内没有收到肯定确认，它就自动重发该帧。有些协议只需要重发未确认的帧就可以了，另一些协议则要求把未确认的帧和从发送出去到超过重发时限之前的所有帧都重发，还有的协议要求重发包含有未被确认的帧的整个数据块。

由于存在卫星传输延迟，有些协议的窗口在确认信息还未到达发送站之前就会出现超时间错误。因此这种协议不能用于卫星信道。对任何 ARQ 协议来说，等待确认的时间必须足够长，以足够容纳在卫星信道上所需的双向传输延迟。

卫星信道的固有噪声的影响，加重了 ARQ 协议的延迟问题，这是因为每个传输过程都必须增加至少一个双向延迟，在这段时间内，电路必须保持空闲状态。如果只用 ARQ 技术处理错误，则卫星电路的效率就会大大降低。因此，为了减少重发的次数，需要增加一级附加的错误保护。

幸运的是，在卫星信道上出现的噪声仅仅是一种随机的“白”噪声。（在地面上的电缆和微波信道中，大多数噪声是由传输数据过程中的偶然事件引起的。因此，如果有一位数据受到破坏，它周围的几位数据都有可能被相同的“线路干扰”破坏。）在卫星信道中，每一数据位出错的可能性同其他位出错的可能性是没有关系的。这种偶然性使得只要用统计的方式就可以很容易地纠正卫星错误。

大多数的卫星传输系统在前向纠错（FEC）中使用了一些统计技术。FEC 在移相键控（PSK）级和协议所需的帧编码或字符编码之间，又增加了一级数据编码。这个附加的编码增加了数据流的冗余信息，接收器可以在不需要重发的情况下就可以从该数据流中提取出原始数据，哪怕是原始数据被噪声改变了。在使用 FEC 的情况下，误码率可达 10^{-7} 。换句话说，1 比特数据在接收时发生错误的概率是一千万分之一。这种技术用于卫星数据传输已成为大势所趋，它将具有固有噪声的传输媒介转变成利于数据传输的无噪声媒介。

卫星应用

卫星可以用于各种目的，主要用于电视、电话、数据通信和科学研究等领域。在数据通信领域，卫星主要作为一种计算机与计算机之间通信的基本方式，或用做一种可选的备份设备。

练习

1. 列出组成卫星系统的主要设备。

2. 列出用于卫星系统的频率范围。
3. 列出并简要介绍卫星系统的主要优缺点。
4. 什么是地球同步轨道？
5. 为什么卫星协议不使用 ARQ？
6. 列出卫星系统的四大主要功能。

补充练习

1. 浏览以下网址，复习有关卫星方面的课程。
 - a. <http://quest.arc.nasa.gov/smores/teachers/micogravity/index.html>
 - b. 大带宽 Web 页：<http://www.specialty.com/hiband/>
2. 描述卫星如何应用于下面的领域：
 - a. Internet 接入
 - b. 电视
 - c. 气象分析
 - d. 无线电
 - e. 数据通信
 - f. 语音通信
 - g. 间谍活动
4. 登录下列网站，研究国际卫星通信应用和标准。
<http://www.fcc.gov/mmb/asd/bickel/foreign.html>

第九节 端到端连接

本章已经讨论了关于广域网的很多技术，包括不同电路类型和使用电信设备连接到这些电路的各种方式。本节将学习一个机构如何在单个网络中使用这些技术。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 综合本章所介绍的电信概念
- ▶ 了解在广域网中使用的各种连接技术

关键知识点

- ▶ 一个机构所使用的服务是由应用确定的。

广域网应用

连接网络的方式就像需要连接的应用一样多。一个机构在各种应用中使用很多不同的技术和服务。图 2.17 给出了常见的广域网应用以及满足特定应用要求的典型广域网连接。

例如，如果需要与非常远的端局（如国外的一个端局）进行通信，卫星链路可能是最好的选择。尽管卫星具有固有的传输延迟，但还是被广泛用于远距离的数据通信。卫星可以作为永久虚电路（PVC）或根据需要进行选择。

在城域网环境中通常使用微波技术，特别是在不可布线的情况下。例如，在路面下埋设线缆和在铁路轨道上方架设高架桥都非常昂贵。微波是典型的点到点 PVC。

大多数机构提供 Internet 访问。可以用 PVC 来连接到提供访问 Internet 主干网的 Internet 服务提供商（ISP）。信息通过机构和 ISP 之间的这条固定路由进行传输。在 ISP 那里，信息将被发送给 Internet 主干网，再路由到目的结点。

一个机构可以使用调制解调器从外部访问内部资源。调制解调器组是允许旅行或在家工作的多个个体同时访问的设备。每次有人拨号进入网络时都要设置 SVC。

另一种常见的需求是将 PBX 等设备连接到中心局（CO），以便更有效地利用电话公司的连接。PBX 是对机构中用户之间的内部呼叫进行路由的设备，它也可以提供与其他地方的电话连接。通常用一条专用线路或租用线路将 PBX 连接到本地电话公司。

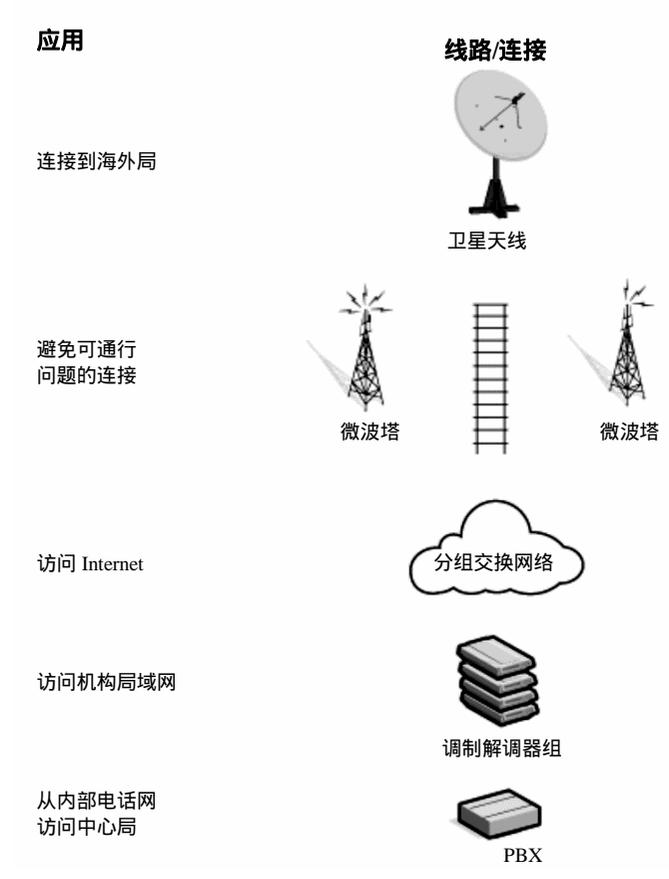


图 2.17 应用连接

我们知道，连接是各种各样的，每一种连接都依赖于机构的应用需求。一些应用使用永久电路效果最好，而其他应用则需要交换电路的灵活性。

练习

1. 使用本节学习的至少两种广域网应用，画图将它们合并成一个网络。
2. 列出用于将家庭和公司连接到不同应用的各种连接方法。

补充练习

使用 Web 寻找关于下列产品的信息：

- a. PBX
- b. 调制解调器组
- c. 用于数据通信的卫星天线
- d. 用于数据通信的微波设备

本章小结

本章介绍了连接到广域网的几种方法。首先介绍了物理电路连接和逻辑电路连接之间的区别，还介绍了将 DTE 连接到 DCE 的不同物理接口。

调制解调器用于在网络的一端将数字信息转换为模拟信息，而在另一端再转换为数字信息。之所以调制解调器提供这种转换，是因为数字计算机必须通过占主导地位的模拟本地环路传输信息。当端点之间的通信信道支持数字信息的时候，也可以使用数字调制解调器。

微波技术和卫星技术也被用来通过广域网传输信息。这两种技术各有其优点和缺点。一般来说，微波设备用来在城域网中传递信息，尤其是当布线困难的时候。卫星主要用于在特别广的范围内进行通信，以及用于能够容许卫星技术固有的大传输延迟的应用。

小测验

1. 调制解调器用来：
 - a. 放大模拟信号
 - b. 将数字信号转换为模拟信号
 - c. 转发数字信号
 - d. 将模拟信号转换为数字信号
 - e. b 和 d 都对
2. 一个调制解调器规范的例子是：
 - a. T1
 - b. T3
 - c. EIA-232-D
 - d. V.90
3. Codec 是一种什么样的设备？
 - a. 将模拟信号转换成数字信号
 - b. 将数字信号转换为电信号
 - c. 在本地环路上放大数字信号
 - d. 将语音信号转换成数字信号
4. 下面哪个不是调制的例子？
 - a. 调频

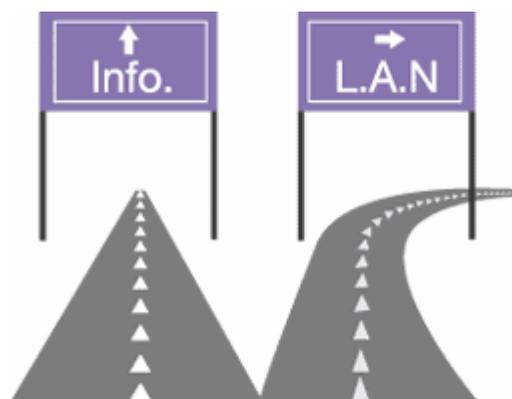
- b. 调幅
 - c. 模拟调制
 - d. 调相
5. 微波通信最适合用于：
- a. 连接海外办公室
 - b. 接入到 LAN
 - c. 解决视距传播问题
 - d. 从内部电话网接入到 CO
6. 采用卫星通信进行语音传输的一个缺点是：
- a. 发送设备与接收设备之间有传输延迟
 - b. 带宽窄
 - c. 差错率高
 - d. 设备情况不可预知
7. 电信运营商提供哪些产品和服务？
8. 什么是 DSU 和 CSU？它们都是用来做什么的？
9. 什么是 MODEM？列出其两种接口的名字。
10. 指出在 MODEM 中使用的两种调制技术？
11. 是什么限制了调制解调器的速度？
12. 是什么促进了对通信服务更大带宽的需求？
13. 在评估广域网连接选择方案时，为什么 T1 仍然是一个流行的选择？
14. Codec 代表什么？它的功能是什么？其功能是如何实现的？
15. 同步和异步通信技术的区别是什么？
16. Hayes 兼容的含义是什么？
17. 卫星通信包含 4 个基本功能，它们分别是什么？



第三章

物理层广域网协议

- 1 数据速率总结
- 2 拨号线路和租用线路
- 3 SW56
- 4 甚小口径终端 (VSAT)
- 5 T-Carrier 和 E-Carrier
- 6 ADSL
- 7 线缆调制解调器
- 8 SONET



概 述

本章将学习以点对点方式连接网络时最广泛采用的几种选择方案。点对点连接是物理层协议的主要内容。物理层协议是处理网络介质和通过物理介质传输信息的协议。本章讨论的点对点协议在后面的章节中还会进行讨论。本章还介绍综合业务数字网 (ISDN) 和帧中继等较高层协议, 以及它们如何使用底层的物理层。

术语

Add/Drop Multiplex (ADM) 增 / 放多路复用器

增 / 放多路复用器 (ADM) 是不必对较高速率的多路复用信号进行多路分解, 就从中抽取和插入较低速率信号的多路复用器 (MUX)。OADM 即光 ADM。

Alternate Mark Inversion (AMI) 极性交替转换码

AMI 是 T1 线路编码格式, 其中连续的“1”位 (传号) 是交替转换的, 而“0”位 (空号) 表示振幅为零。

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) 非对称数字用户线

ADSL 是一项比较新的技术, 用于通过本地环路进行高速数字通信传输。

Attenuation 衰减

衰减是指信号在传输中减弱的过程。

Automation Protection Switching (APS) 自动保护交换

自动保护交换 (APS) 是一种同步光纤网络 (SONET) 结构, 其中 SONET 可从信号路径上的任一点进行网络管理和差错校验。

Bipolar Violation (BPV) 双极破坏 (点)

在 T1 编码格式中, BPV 出现于两个连“1”具有相同的极性时。

Bit Stuffing 位填充

位填充也称为零位插入, 它使二进制数据可在同步传输线路上传送。每一帧都含有用

来标识地址、标志位等的特殊位序列，如果某一帧的信息（数据）部分也含有一个这样的特殊序列，则发送站在其中插入一个 0，而接收站将其删除。

Broadband-Integrated Services Digital Network (B-ISDN) 宽带综合业务数字网

ISDN 线路速率有 3 种：基速率、主速率和宽带速率。基速率（窄带）ISDN 由 2 个 B 信道和 1 个 D 信道组成。每个 B 信道以 64 kb/s 的传输速率传输 1 路 PCM 语音会话或数据。ISDN-PRI 由 23 个传输语音、数据和视频的 64 kb/s B 信道以及 1 个传输信令信息的 D 信道组成，它类似于 T1 信令。B-ISDN（宽带 ISDN）有多个高于主速率的信道，除 B 信道和 D 信道之外，还定义了许多附加信道，包括 A、C 和 H 系列信道。

E1

E 标准是与北美 T-Carrier 标准类似的欧洲标准。E1 与 T1 类似，但数据速率为 2.048 Mb/s，支持 30 个通信信道。

Fast-Packet Switching 快速包交换

快速包交换是一种包交换技术，位于开放式系统互连（OSI）协议栈的物理层和数据链路层。由于快速包交换位于这些较低层（只需进行少量处理），并且数据包也很小，因此运行速度非常高。

Fiber Distributed Data Interface (FDDI) 光纤分布式数据接口

FDDI 是一种局域网（LAN）标准，适用于使用光缆的 100 Mb/s 令牌传递网络。

Hybrid Fiber Coax (HFC) 混合光纤同轴电缆

HFC 是一种网络设计方法，将光纤与同轴电缆组合成一个单一网络。HFC 通常用于有线电视产业。

Line Overhead (LOH) 线路开销

SONET 线路开销(LOH)是 SONET 帧中控制净荷在网络单元之间可靠传输的那部分。

Line Terminating Equipment (LTE) 线路端接设备

SONET LTE 是运行在 SONET 线路层的设备，如 ADM。路径端接设备（PTE）的功能与 LTE 相同。

Local Exchange Carrier (LEC) 本地交换公司

本地交换公司也称为本地电话公司。

Low-pass Filter 低通滤波器

低通滤波器是一种只允许低于某个特定频率的信号通过的设备。

Network Interface 网络接口

NI 是用户设备和运营商网络之间的互连点，位于用户前端。

Network Interface Unit (NIU) 网络接口单元

网络接口单元 (NIU) 是运营商网络与用户前端设备 (CPE) 之间的分界点。NIU 可以包括雷击时断开线路的保护设备。

Optical Carrier (OC) 光载波

光载波 (OC) 是用来规定符合同步光纤网络 (SONET) 标准的网络速率的一个术语，指 SONET 技术的光特性。

Path Overhead (POH) 路径开销

SONET POH 是同步净荷包 (SPE) 的一部分，它承载用于端到端网络管理的 OAM&P 信息。

Path Terminating Equipment (PTE) 路径端接设备

SONET PTE 由发起和结束传输服务的网络部件组成。

Rate-Adaptive Digital Subscriber Line (RADSL) 速率自适应数字用户线

速率自适应数字用户线 (RADSL) 是通过现有的双绞电话线进行自适应高速数据传送的一种传输技术。它使用智能 DSL 调制解调器，可根据本地环路的性能特点，动态地调节传输速率。RADSL 支持高达 7 Mb/s 的下行数据流传输和 640 kb/s 的双向上行数据流传输。

Section Overhead (SOH) 分段开销

SONET SOH 是 SONET 帧的一部分，专门用来传送状态、消息和告警指示，用于 SONET 链路维护。

Section Terminating Equipment (STE) 分段端接设备

SONET STE 是运行在 SONET 分段层上的设备，如 SONET 分段器。PTE 和 LTE 也执行 STE 的功能。

Switched Multimegabit Data Service (SMDS) 交换多兆位数据服务

SMDS 是由电话公司提供的一种高速信元交换数据通信服务。

Synchronous Digital Hierarchy (SDH) 同步数字系列

SDH 是在光缆上传输同步数据的一种国际标准,类似于北美 SONET 标准。SDH 定义的标准传输速率为 155.52 Mb/s。

Synchronous Optical Network (SONET) 同步光纤网

SONET 是高速光纤传输标准。SONET 标准定义了一个类似于 T 形载体的信号分层,但可以扩展到更高的带宽。基本的传输数据块是 STS-1 51.84 Mb/s 信号,用于适配 T3 信号。数据块最高定义到 STS-48,即 48 个 STS-1 通道,合计速率为 2488.32 Mb/s,能够承载 32 256 个话音电路。

Synchronous Payload Envelope (SPE) 同步净荷包

SONET SPE 是 SONET 帧中承载净荷数据的那部分。

T1

1962 年,贝尔系统建立了第一个北美 T-Carrier 标准,用于复用数字化的语音信号,以取代 FDM 系统,提供更好的传输质量。T-Carrier 标准系列包括 T1、T1C、T1D、T2、T3 和 T4 等。

Very High-bit-rate Digital Subscriber Line (VDSL) 甚高速数字用户线

VDSL 是新一代更高速的 DSL 技术,其传输速率可达 52 Mb/s(下行)和 1.5~2.3 Mb/s(上行)。

Very Small Aperture Terminal (VSAT) 甚小口径终端

VSAT 是一种较小口径(1.5~3 m)的卫星天线,用于卫星点对多点通信。

Virtual Tributary (VT) 虚拟分支

虚拟分支(VT)是一个可进行多路复用,从而组成较高容量信道的低级信道。例如,28 个 T1(DS1)信道可以复用成 1 个 T3(DS3)信道,其中每个 T1 信道都可视为 T3 信道的分支。

第一节 数据速率总结

本节总结了现有的提供广域网和城域网连网环境连接的最流行的物理层协议。本节从拨号和租用线路等低速技术开始,进而介绍 T3 和 OC-3 等较高速的技术。我们将学习可能用到这些技术之一的应用以及每个应用可能需要的相关性能。

学习目标

本节结束之后,应该能够:

- ▶ 说出物理层城域网或广域网连接的低速和高速选择方案
- ▶ 为给定的企业应用确定最合适的技术

关键知识点

- ▶ 不同的广域网物理层协议在速度和成本上有很大不同。

点对点链路

点对点链路建立了一个本地结点与远程结点之间的物理连接。这些链路有着各种不同的数据速率,随着速率和容量的增加,费用也随之增长。因为点对点链路提供了为持续连接期间所需的专用带宽,所以用这种方式传输数据所需的费用通常比通过交换服务传输要高许多。另外,当用点对点链路建立城域网或局域网时,必须为要建的每条通信链路购买专用设备。这就意味着随着结点数目的增加,线路数目也随之很快地增长:3 个结点需要 3 条链路,5 个结点需要 10 条链路,等等。交换服务可以通过一个共享的通信服务建立必要的专用链路(如虚电路)。异步传送模式(ATM)和帧中继等交换服务可以继续使用,因而交换线路在连接远程网络时仍是一种主要选择。

LEC 在用户和中心局(CO)之间提供了使用现有电话语音网络设施和铜线本地环路的传统电信服务。点对点通信的底层是模拟连接,它使用调制解调器在租用线路或交换线路上传输数据。租用线路是指两个指定地点之间的全天候连接;交换线路是一般的电话线路,通常称之为简易老式电话服务(POTS)。调制解调器在 20 世纪 90 年代前 5 年变得十分流行,但由于物理上的限制,它们已经达到了极限速率。今天最快的调制解调器,即所谓的 V.34 或 V.fast 标准,其运行时可以达到 28.8kb/s 的未压缩速率。这个速率尽管理论上可以达到,但在给定信噪比的语音级电话线路上通常是不现实的。

数据电话数字服务 (DDS) 又叫做数字数据服务。可以通过被称为数据服务单元/信道服务单元 (DSU/CSU) 的一个专用盒连接到 DDS。DSU/CSU 代替了模拟方案中调制解调器的功能。DDS 提供的速率范围是 2.4~56kb/s。DDS 线路是两个指定点之间的全天候租用连接, 它提供固定的带宽。通常用 DDS 线路构建专用数字网络。

在点对点发展阶梯中, 在 DDS 之后又出现了 Switched-56 (SW56) 服务, 它能够通过拨号与国内其他任意的 SW56 用户建立数字连接。SW56 服务使用与租用线路 DDS 一样的 DSU/CSU, 但包括了一个输入远程 SW56 系统的电话号码的拨号盘。

最后, 在点对点阶梯的顶端是真正的高速数字服务, 其中包括:

- ▶ 部分 T1 (FT1)
- ▶ T1
- ▶ T3
- ▶ SONET

各种数据速率及相关应用

表 3.1 给出了连接到广域网的最常用的主要物理层技术, 还列出了相关的数据速率、物理介质和应用。技术选择是基于需要和经济考虑的。在随后的几节中会详细介绍其中每一种情况。

表 3.1 物理层技术

| 技 术 | 数 据 速 率 | 物 理 介 质 | 应 用 |
|----------------|--------------------|-------------------|--|
| 拨号 | 14.4~56 kb/s | 低级双绞线 | 从家里连接到办公室和 Internet |
| 租用线路 | 56 kb/s | 低级双绞线 | 小型企业低速接入, 办公室到办公室间的连接, Internet 连接 |
| Switched-56 | 56 kb/s | 低级双绞线 | 小型企业低速接入, 办公室到办公室间的连接, Internet 连接, 备用链路 |
| 部分 T1 | 64~768 kb/s | 低级双绞线 | 小型企业到中型企业, 中级速率, Internet 接入 |
| 卫星 (Direct PC) | 400 kb/s | 无线电波 | 中级速率的小型企业, Internet 接入 |
| T1 | 64 kb/s~1.544 Mb/s | 低级双绞线 光缆 微波 | 中型企业 Internet 接入, 点对点局域网连接 |
| E1 | 64 kb/s~2.048 Mb/s | 低级双绞线 光缆 微波 | 中型企业 Internet 接入, 点对点局域网连接 |

续表

| 技 术 | 数 据 速 率 | 物 理 介 质 | 应 用 |
|---------|------------------|-----------------|-----------------------------|
| ADSL | 1.544~8 Mb/s | 低级双绞线 | 中型企业高速家庭 Internet 接入 |
| 线缆调制解调器 | 512 kb/s~52 Mb/s | 同轴电缆 | 中型企业高速家庭 Internet 接入 |
| E3 | 34.368 Mb/s | 双绞线 光缆 微波 | 大型公司 Internet 接入, ISP 主干网接入 |
| T3 | 45 Mb/s | 双绞线 光缆 微波 | 大型公司 Internet 接入, ISP 主干网接入 |
| OC-1 | 51.48 Mb/s | 光缆 | 主干网、园区网 Internet 到 ISP |
| OC-3 | 155.52 Mb/s | 光缆 | 大型公司主干网, Internet 主干网连接 |
| OC-24 | 1.24 Gb/s | 光缆 | 大型公司主干网, Internet 主干网连接 |

带宽

带宽是能够通过传输线路或网络传输的最高频率和最低频率之间的差值。模拟网络用赫兹 (Hz) 表示, 数字网络用 b/s 表示。

不同的应用类型需要不同的有效使用带宽。下面列出了一些常用的应用:

- ▶ 个人计算机 (PC) 通信: 300 b/s~56 kb/s
- ▶ 数字音频: 1~2 Mb/s
- ▶ 压缩视频: 2~10 Mb/s
- ▶ 文档镜像: 10~100 Mb/s
- ▶ 实时视频: 1~2 Gb/s

介质能够通过的频率范围越大, 其信息传输能力就越大。大多数调制解调器在带宽中间的 300~3000 Hz 频率范围内传输数据。

尽管信号特性通常在带宽中间是最佳的, 但将传输限制在波段中间会限制数据的可用带宽。为补偿这一因素, 传统的调制解调器使用复杂的多位编码算法, 在每个方向上都在一路载波信号上压缩尽可能多的数据。但这种解决方案的一个缺点, 是在出现线路瞬时干扰或其他错误情况下传输介质上的数据丢失量会增加。调制解调器设计的一个主要目标, 是在传输更大量数据的同时使数据丢失最小化。

练习

1. 什么是广域网 (WAN) 连接的低速和高速选择方案?
2. 列出 4 种高速数字服务。
3. 从企业应用的角度分析拨号、T1、ADSL 和 SONET 的特点。

补充练习

对以下列出的各种技术，找出支持其每个物理接口的路由器产品：

- a. Switched-56
- b. T1
- c. ADSL
- d. OC-1
- e. OC-3

第二节 拨号线路和租用线路

标准电话线路可以用于数字信息和模拟信息的传输。本节将学习通过标准电话线传输信息的主要方式：拨号和租用线路技术。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述拨号连接的特点
- ▶ 列举拨号和租用线路技术的优缺点

关键知识点

- ▶ 拨号连接使用电话公司提供的交换网络。

拨号连接

拨号线路是两个结点之间的线路，它使用交换电话网络进行通信，如图 3.1 所示。拨号线路提供以下特性：

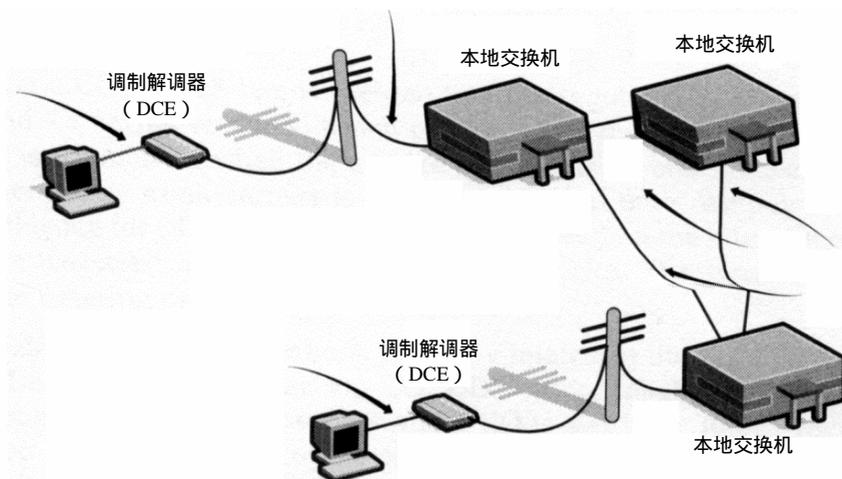


图 3.1 交换线路

- ▶ 2.4~56 kb/s 的传输速率
- ▶ 任意结点之间的连接（一次一个）
- ▶ 每一端的调制解调器兼容
- ▶ 传输之前需要进行呼叫初始化
- ▶ 便宜

租用线路

租用线路是由 LEC 或长途电信公司在永久线路基础上建立的。最普通的租用线路类型是 T1。在速率增加到 64kb/s 时，T1 设备很容易用来承载语音和数据的通信流量。当通信流量需求稳定且不能中断服务时，租用线路是最适当的选择。

基于专用线路的租用线路，其优点是：

- ▶ 信息安全
- ▶ 稳定的服务质量
- ▶ 线路控制

基于专用线路的租用线路，其缺点是：

- ▶ 费用高
- ▶ 站点或结点相互之间使用专线
- ▶ 随着所需连接的增加，设备和成本也增加

数字数据服务（DDS）

数字信令比模拟信令能够提供更大的带宽及更高的可靠性。由于免去了数字数据到音频信号、音频信号到数字数据的转换，数字信令系统消除了许多调制解调器必须解决的问题：音频噪声、相移和频移、时钟同步、不稳定线路质量及信号衰减等。将数字终端设备（DTE）连接到一个数字链路的电子设备也没有那么复杂，其最终结果是同等带宽的成本要少得多。

DDS 链路是租用的永久连接，其运行速率为固定的 2.4kb/s、4.8kb/s、9.6kb/s、19.2kb/s 或 56 kb/s。每一端的 DSU/CSU 设备都提供了双线 DDS 线路与传统的计算机接口（如 RS-232）之间的接口。一种典型的局域网互连方式是采用两个 DDS 兼容网桥和外置 DSU/CSU，如图 3.2 所示。

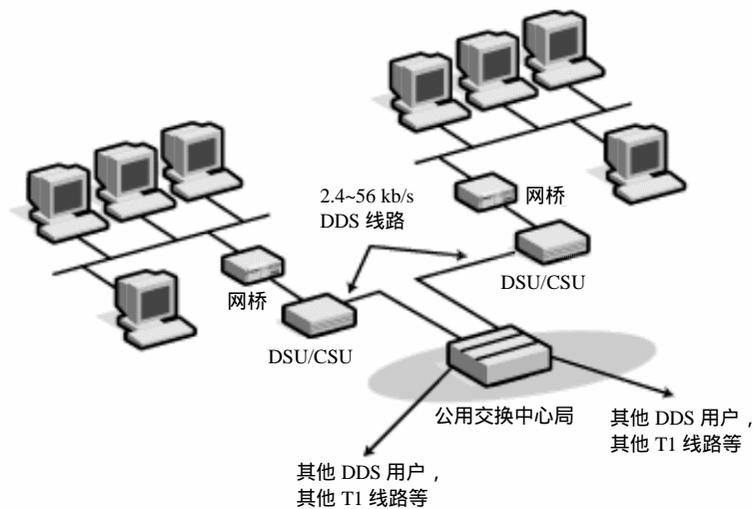


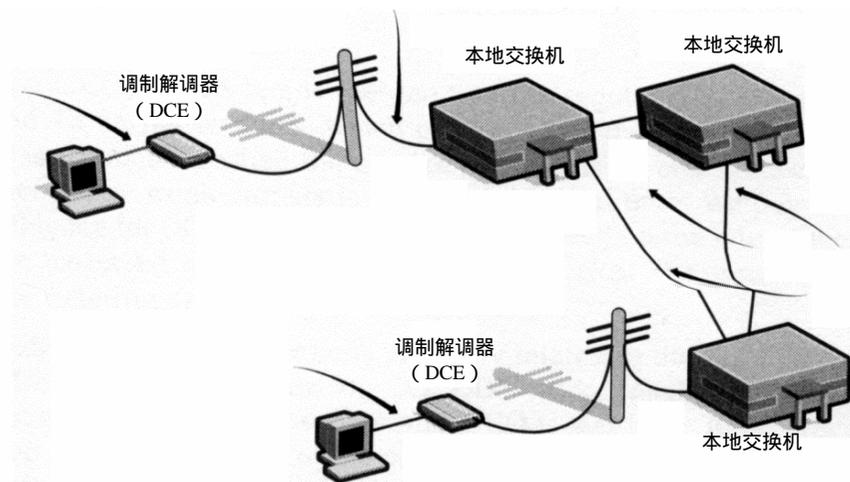
图 3.2 DDS 连接

在中心局 (CO) 内, 一条 DDS 线路被合并到 T1 和 T3 载波设备的常规通信流之中, 由这些设备将其路由到目的结点。DDS 路由在购买服务时就已经建立, 必要的干线介质上的带宽也在那时被确定。我们每月要为 DDS 支付固定费用, 还要加上在电话公司干线上基于局间距离的里程的费用。所要求的数据传输速率决定了每月的固定费用。

DDS 的物理限制主要与 CSU/DSU 和提供服务的 CO 之间的距离有关。在用户与 CO 的路由距离小于 9 144 m (本地环路线缆长度) 时, DDS 工作得很可靠。一个与 CO 相距约 1.6 km 或 3.2 km 的局将需要 6 096 m 或更长的中间线缆, 这是因为大城市市区的本地环路经常绕远。大多数电话公司用一个设计好的线路提供 DDS 服务, 电话公司的工程师们在现有的铜缆上寻找从 CO 到用户的最短可能路由, 电话公司的现场技术人员就沿着此路由去线路上的各线缆地窖, 为建立指定的路由构建必要的物理连接。

练习

1. 比较租用线路和拨号线路的不同特点。
2. 在下图中, 指出线路中的模拟部分和数字部分。



3. 列出租用线路相对于拨号线路的优缺点。

补充练习

使用 Web 查找有关以下产品的信息：

- a. CSU
- b. DSU
- c. DDS
- d. DDS

第三节 SW56

SW56 (Switched-56) 通过各种方式应用于计算机网络中。在某些情况下, 它提供网络之间的基本连接, 但是更常见的是它作为主路由器的备用设备。本节将介绍 SW56 技术的功能和应用。

学习目标

本节结束之后, 应该能够:

- ▶ 描述在连网中如何使用 SW56
- ▶ 理解 SW56 的基本原理

关键知识点

- ▶ SW56 主要用于低速接入和链路冗余。

Switched-56 服务

Switched-56 (SW56) 是电话公司提供的另一种服务。这种服务如图 3.3 所示。SW56 是一种数字服务, 需要一个 DSU/CSU 组合来把路由器或网桥接入电话线。

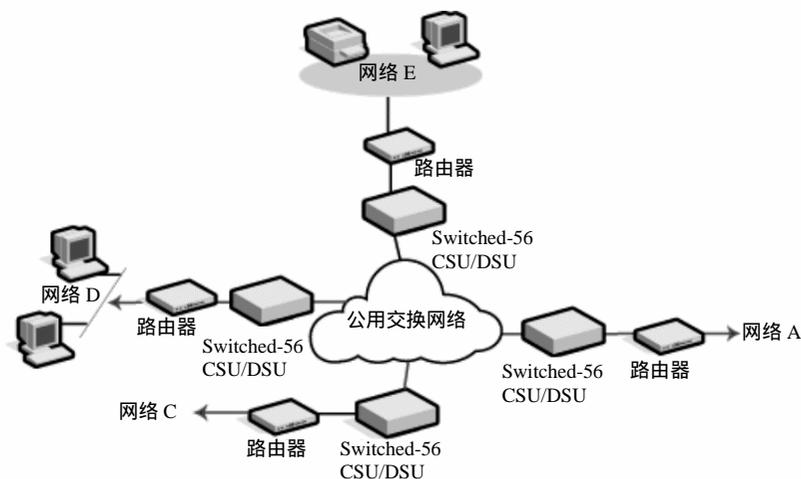


图 3.3 Switched-56 配置

当不需要全天候连接时，可以通过使用交换数字服务来节省费用，通常称之为 SW56。顾名思义，SW56 仅提供固定的 56 kb/s 的速率。一条 SW56 链路近似于一个 DDS 设置。DTE 通过 DSU/CSU 方式接入数字服务。SW56 DSU/CSU 包括一个拨号盘，以输入目的 SW56 站点的电话号码。

SW56 操作

SW56 使用与本地电话系统一样的电话号码，并且费用也与那些商业语音电话费用一样。因为 SW56 是通过类似于数字化语音呼叫的长途数字网络传输的，所以可以用 SW56 建立长途链路。我们可以像选择语音呼叫服务一样选择一个长途公司来提供 SW56 呼叫服务。随着交换式服务（如帧中继）竞争的展开，SW56 的费用正在下降：大多数地区每月低于 100 美元。

SW56 在视频和语音方面也有应用。很多电信会议的编码解码器（Codec）将两条或更多的 SW56 线路组合起来，以获取 112~384 kb/s 的带宽来传输语音或视频。其他 Codec 可用来传输高保真语音（384kb/s 就足够传输 CD 质量的声音）以及电信会议语音。SW56 线路很便宜，因此一些网络使用它们为长途广域网提供基本的带宽需求。图 3.4 给出了其中两个办公室需要桥接它们的两个局域网的网络。在大多数情况下，局域网之间通信流量不大，一个 SW56 连接就足够了。但是在通信流量的高峰期，就需要较大的带宽。局域网网桥的一个被称为动态带宽调整（Dynamic Bandwidth Adjustment）的特性解决了这个问题。每个网桥连接到多个数字线路上（在这种情况下是 4 条 SW56 线路）。当通信流量条件许可时，其中一个局域网拨打一个额外的数字呼叫给另一个网桥，将所有呼叫的带宽组合成需要的速率，以 56 kb/s 的增量变化。4 条 SW56 线路可以得到 56 kb/s、112 kb/s、168 kb/s 和 224 kb/s 的可能带宽。呼叫网桥的配置应保证通信流量下降后，呼叫仍然保持一段时间，

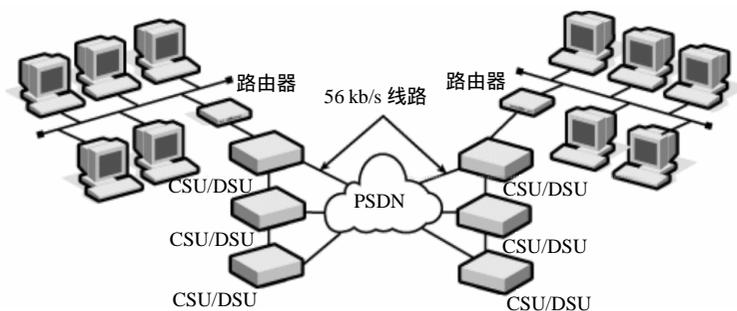


图 3.4 Switched-56 连接

以避免当平均通信流量很高但不连续时的重复呼叫。按需提供带宽的网桥和路由器不断地集成 DSU/CSU 设备。

练习

列举目前 SW56 技术的应用有哪些。

补充练习

1. 使用 Web，找出至少 3 种能够提供 SW56 连接的产品。对每种产品进行描述，确定 SW56 端口如何用于广域网连接。
2. 看一看当地的运营商是否提供 SW56 连接。

第四节 甚小口径终端 (VSAT)

甚小口径终端 (VSAT) 也就是众所周知的小型地面站或个人地面站, 它代表了卫星通信领域的一种以卫星方式可靠地传输数据的技术创新。

学习目标

本节结束之后, 应该能够:

- ▶ 讨论 VSAT 技术最适于做什么
- ▶ 列举 VSAT 技术的优缺点

关键知识点

- ▶ VSAT 技术为很多应用提供了相对高速的连接。

VSAT 应用

VSAT 使用小口径天线, 其典型口径为 0.9~1.8m。由于具有高可靠性、多样性和灵活性等特点, VSAT 技术可以作为其他通信方案的节省成本的替代方案。

自从 20 世纪 70 年代后期 VSAT 作为只接收的终端被成功地展示以来, VSAT 技术得到了巨大的发展。在只接收的配置中, 数据信号是通过中心集线器广播给网络中所有终端的, 这些终端都不能发送信号。单路 VSAT 网络中既使用 C 波段 (4~6 GHz), 也使用 Ku 波段 (11~14 GHz)。Ku 波段设备的成本不断降低, 而 C 波段因地面微波系统的使用而变得越来越拥挤, 使得近几年 Ku 波段系统变得普及起来。

目前使用较普遍的是能够处理语音和数据的双路或交叉配置网络。交叉网络为在初期电信基础设施中可靠地传输数据提供了一种快速的解决方案。这些网络在全世界发展中国家和东欧被广泛使用。VSAT 应用如图 3.5 所示。

VSAT 技术的主要优点有:

- ▶ 小口径天线, 其典型值为 0.9~1.8m
- ▶ 可多样和灵活地连接几乎所有地点
- ▶ 高速连接至 E1 (2.048Mb/s)

VSAT 的主要缺点是对于某些低带宽应用 (如 Internet 接入) 来说成本较高。对于这些应用, 陆地解决方案通常更加有效; 但是, 当需要快速连接远端或较孤立的地点时, VSAT

将是一种好的选择方案。

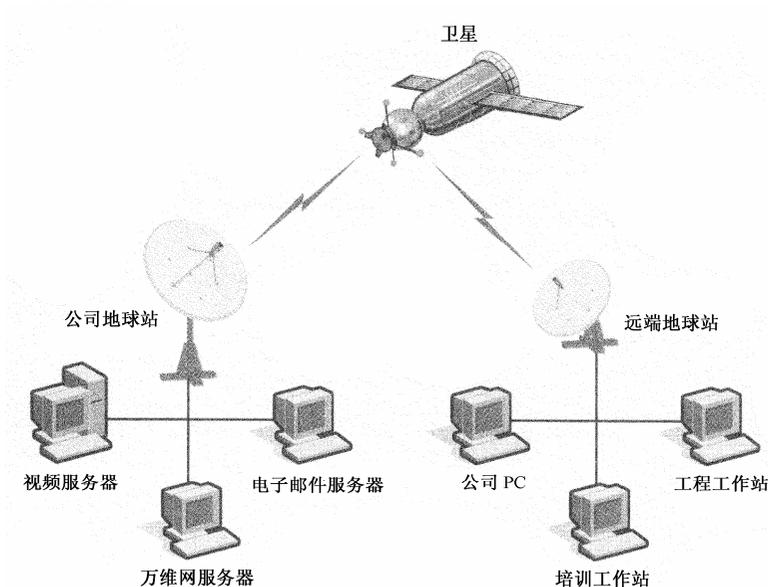


图 3.5 VSAT 应用

卫星应用

卫星系统代表了人类进入 21 世纪时宽带传输的主要平台。Hughes 网络系统公司的 DirectPC 等系统可从同步通信卫星向连接到 PC 的碟形天线发送数据。

双路卫星宽带平台将可以提供有线技术确实无法比拟的优势，如：没有地下投资，灵活性高，具有高速带宽，可靠性高，以及能够在几乎没有建立时间的情况下到达任何地点，等等。尽管目前卫星下载数据的速率在 400 kb/s 以下，但在今后的几年中下载速率可能达到 10 Mb/s。

练习

1. 是什么促进了家庭用户和商业用户越来越高的带宽需求？
2. 卫星和 VSAT 技术在 Internet 连接中起什么作用？
3. 为什么双路平台对 VSAT 技术非常重要？

4. 列出 VSAT 技术的优缺点。

补充练习

登录到下列网址，浏览 VSAT 的应用：

<http://www.hughes.com>

<http://www.ge.com/capital/spacenet/vsatcent/primer.htm>

第五节 T-Carrier 和 E-Carrier

T-Carrier 和 E-Carrier 在电信工业中已经存在了很长时间,并且仍然是广泛应用的企业语音和数据通信的连接技术。

学习目标

本节结束之后,应该能够:

- ▶ 描述 T1 系统、FT1 系统和 T3 系统之间的区别
- ▶ 列出使用 T1、FT1 和 T3 技术的应用

关键知识点

- ▶ T-Carrier 是点对点网络连接的主要方式。

T1、FT1 和 T3

除了由电话听筒上的麦克风产生模拟语音信号和在另一端电话听筒的扬声器上再生声音之外,电话网络本质上是二进制的。交换机本质上也是二进制的旋转电话机,它们产生一系列脉冲来代表数字,拨号音、忙音及振铃等控制信号都是二进制的。因为电话的这种二进制本质,将模拟网络转换成数字网络就是一个自然而且合乎逻辑的过程。事实上,在基础技术实现后不到 20 年,这种转换在美国就基本上完成了,转换后的网络能为 1.8 亿部电话提供服务,但在一些边远地区,仍在使用机电式交换机。

当 20 世纪 50 年代后期出现了固态电子设备之后,语音数字化就变得可行。由于信号仅有两个可能值(0 和 1),因此语音数字化的优点在于:

- ▶ 不容易受干扰,而且更易于从信号中区分出噪声;
- ▶ 通过交换、多路复用或传输等设备时可以精确地再生;
- ▶ 更容易把语音信号与其他二进制信息(如两台交换机之间的信号)混合。

数字信号也使一种更好的多路复用方式——时分多路复用(TDM)——成为可能。1962 年 Bell 系统安装了最早的“T-Carrier”系统,用来对数字化的语音信号进行多路复用。以前开发 FDM 是为了对模拟信号进行多路复用。T-Carrier 家族现在包括 T1、T1C、T1D、T2、T3 和 T4(以及相应的欧洲 E1、E2 等),它们代替了 FDM 系统,提供了好得多的传输质量。

注意，T1 及其后来的产品是为了对语音通信进行多路复用而设计的。因此，T1 被设计成每个信道承载一个 4 000 Hz 模拟信号的数字化表示形式。已经证明，数字化 4 000 Hz 语音信号需要 64 kb/s 速率。当前的数字化技术已将这一要求降低到了 32 kb/s 或更低。但是一个 T-Carrier 信道仍需要 64 kb/s。

表 3.2 中给出了 T-Carrier 速率。FT1 是电话公司提供的一项服务，它为用户提供电信服务，其可选速率介于 64 kb/s 与 1.544 Mb/s 之间。之所以称之为部分 T1 是因为用户可指定一个所希望的速率，这个速率是正常的 T1 速率（1.544 Mb/s）的一部分。FT1 比购买一条完整的 T1 要便宜，而且只使用带宽的一部分。

表 3.2 T-Carrier 速率表

| 标 准 | 线 路 类 型 | 语音信道数 | 位速率/ (Mb/s) | |
|-----|---------|--------|---------------|----------|
| 北美 | DS0 | N/A | 1 | 0.064 |
| | DS1 | T1 | 24 | 1.544 |
| | DS1C | T1C/D | 48 | 3.152 |
| | DS2 | T2 | 96 | 6.312 |
| | DS3 | T3 | 672 | 44.736 |
| | DS4 | T4 | 4 032 | 274.176 |
| 欧洲 | E1 | M1 | 30 | 2.048 |
| | E2 | M2 | 120 | 8.448 |
| | E3 | M3 | 480 | 34.368 |
| | E4 | M4 | 1 920 | 139.264 |
| | E5 | M5 | 7 680 | 565.148 |
| 日本 | 1 | F-1 | 24 | 1.544 |
| | 2 | F-6M | 96 | 6.312 |
| | 3 | F-32M | 480 | 34.064 |
| | 4 | F-100M | 1 440 | 97.728 |
| | 5 | F-400M | 5 760 | 397.20 |
| | 6 | F-4.6G | 23 040 | 1 588.80 |

T1

T1 线路是连接远距离的网络或局域网的专用服务。图 3.6 描述了一种典型的 T1 配置。该图描述了如何用 T1 或 T3 线路将两个网络连接在一起。T1 多路复用器和 T1 线路通过同一物理线路提供了语音通信流和数据通信流的连接。

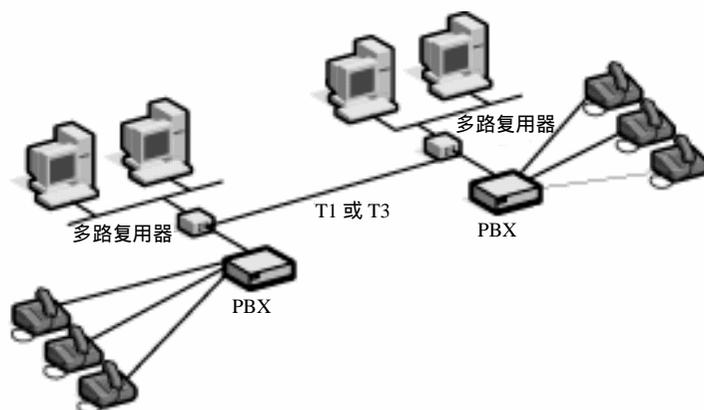


图 3.6 T1 配置示例

就像 DDS 线路一样，可在两个地点之间租用一条 T1 线路。与 DDS 线路不同的是，可以将带宽分成多个 64 kb/s 信道，这些信道负责建立呼叫并执行远离 CO 的其他流量的管理工作。图 3.7 显示了采用独立 DS-0 线路的一个典型四端局电话网络。DS-0 线路的设计需要在局与局之间预先分配许多条线路（叫做 TIE 线路），它们传输“内部”的局际呼叫。另一组 DS-0 线路必须分配到每个局，以便“外部”呼叫能够访问公共交换电话网（PSTN）。当通话类型改变时，必须移动或增加局间线路，这是一个既费时又很不方便的工作。

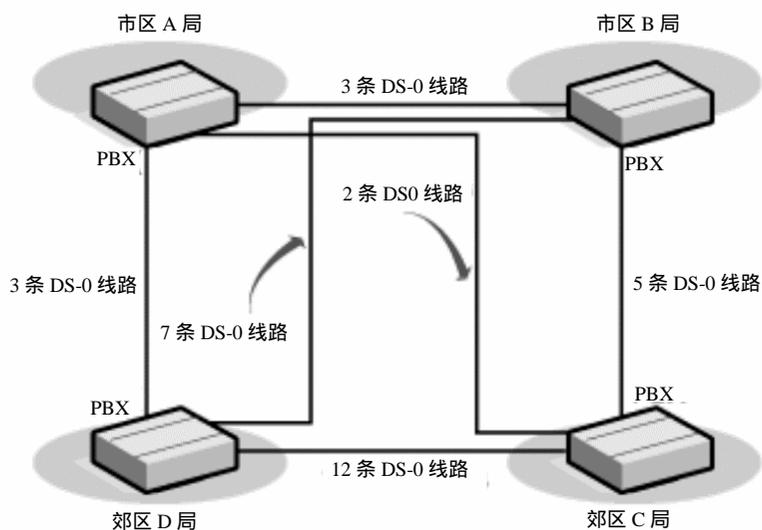


图 3.7 DS-0 网络

图 3.8 展示了一个将局际通信合并到一个包括 4 条 T1 线路的单个主干网上的方案，它可以满足通信流量改变的需要。由于 T2 服务包括在本地网络（本地 CO 交换机）内切换 DS-0 的功能，因此一个局内的任意 DS-0 都可以切换到另一个局的任意 DS-0 或 PSDN 上。T1 的数据应用通过 T1 多路复用器利用了这些功能。T1 多路复用器是一个网络终端设备，其作用类似于一个 SW56 DSU/CSU，不同的是 T1 多路复用器能处理 24 条 DS-0 信道，而不仅仅是 1 条。T1 多路复用器可将多达 24 条 64 kb/s 的 DS-0 信道复合到单一的 1.544 Mb/s 的 T1 线路上。

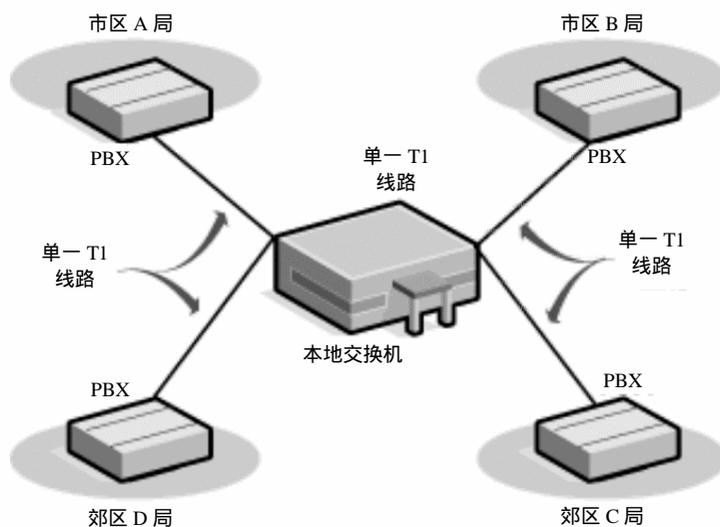


图 3.8 T1 网络

T1 和 T3 线路是很有用的广域网选择方案，因为实际上它们以固定的费用在一个大区域内提供了可变带宽。T1 和 T3 路由器和网桥通常支持 1 条或更多的 T1 或 T3 线路，并自动与网络中的其他路由器和网桥连接。图 3.9 描述了一个典型的基于 T1 的广域网。网络设计者将路由器或网桥连接到邻近的路由器或网桥，形成数字电路。在带宽方面，可以指定带宽需要参数来改变带宽，带宽增量的标准为 DS-0，这与 SW56 线路中使用的技术类似。

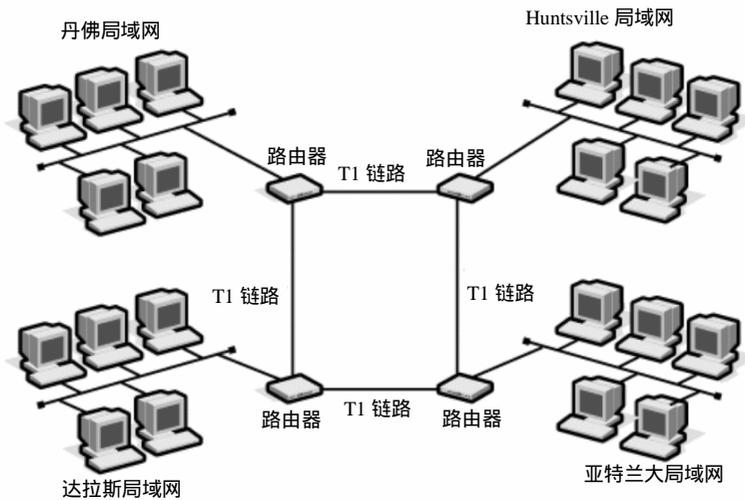


图 3.9 T1 广域网

FT1

租用一条 T1 线路意味着不管是否在使用，一天 24 小时都要为整个 1.544Mb/s 带宽付费。FT1 允许租用任何 64 kb/s 倍数的部分 T1 线路。例如，可以只租用 DS-0~DS-5，以获得 6 条 64 kb/s 信道或 384 kb/s 的总带宽。当无法接受一条专用 T1 线路的费用时，FT1 就很有用。FT1 不如交换服务那样高效和灵活，因为所付费用只可以 24 小时拥有部分租用带宽。但是，FT1 有一个全 T1 线路没有的内在特点：可对在自己的企业 T1 网络之外的 DS-0 信道进行多路复用。

由于没有租用整条线路，不能指定线路另一端的位置。毕竟要与其他用户共享 T1。FT1 线路的远端是在远程通信公司管理的数字存取交叉连接交换中心 (DACs)。每个租用 FT1 的用户都有一个嵌入在 DACs 中的远端，在那里电信部门建立了自己的 T1 互连网络。只要电话公司将其配置成可互操作的组织，任何两个共享同一 DACs 的公司就可以互相交换使用对方的 DS-0 信道。当一个大的中央机构 (比如政府部门) 需要和一些小的机构 (比如合约者) 合作时，这种可互操作性显示出很大优势。

由于 FT1 单终端的特点，网络中的每个结点都必须租用一条独立的 FT1 线路。相比之下，T1 线路只需要在每一对结点中租用一条就可以了。因此，当 FT1 增加到一定数量时，FT1 反而比 T1 贵。通常，这种费用逆转的门限大约是 75%。

T3 和北美数字层次结构

北美数字层次结构是用一系列多路复用器 (MUX) 建立的, 如图 3.10 所示。DS-1 信号输入到 DS-2 多路复用器, 与其他 DS-2 多路复用器一起, 多路复用到 DS-3 层及以后的层次。DS-3 (或 T3) 是所提供的另外一种服务, T3 的速率是 44.736Mb/s。

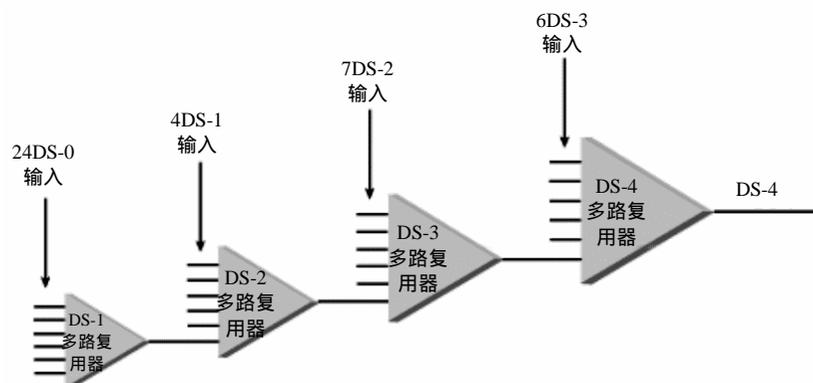


图 3.10 北美数字层次结构

信号成形和编码

数字交叉连接 (DSX) 由各种设备架 (转接板) 组成, 其中系统组件之间由线缆连接起来。每个数字信号都定义了它自己的交叉连接, 且由该交叉连接处理。例如, 以 DS1 信号工作的设备之间用 DSX-1 进行互连。

DS1 脉冲的波形在 DSX-1 交叉连接 (交换机) 中定义。AT&T 的公司刊物 43801 (数字信道组和目标) 中描述了这个脉冲的要求, 它用来驱动信道组与 DSX-1 之间 0~655 ft 的 22 号 ABAM 电缆。最大帧间隔为 50 ms。DS1 脉冲与 DSX-1 脉冲略微有点不同, 这两个信号规范之间的比较如表 3.3 所示。当与 CO 或运营商设备进行通信时, 使用 DS1; 当超过分界点进行信号重建时, 使用 DSX-1。

DS1 信号波形是双极性的, 这意味着正电压、零电压和负电压对信号的编码很重要。T1 帧格式中使用的双极性信号叫做极性交替转换码 (AMI), 如果其中一个“1”编码为正电压, 则下一个“1”必须编码为负电压, 否则就是一个双极性破坏点 (BPV)。图 3.11 示出了一个有效的 AMI 序列和一个带 BPV 的 AMI 序列。

表 3.3 DS1 与 DSX-1 信号规范比较

| 功 能 | DSX-1 | DS1 |
|------------|------------------------|-----------------------|
| 线路速率 | 1.544 MHz \pm 200 Hz | 1.544 MHz \pm 75 Hz |
| DSX 点的电缆长度 | ABAM / 655 | 6 000 ft |
| 脉冲幅度 | 2.4 ~ 3.6 V | 2.7 ~ 3.3 V |
| 接收衰减 | < 10 dB | 15 ~ 22 dB |
| 线路衰减 | 有 | 0.0, 7.5, 15 dB |
| 最大连零个数 | 15 (B8ZS) | 15 (B8ZS) |



图 3.11 两种 AMI 序列

编码序列的一个要求，是发送“1”位来保持时序同步，若一个信号全为“0”，则线路上的电压恒为零，最终系统的时序将失步。根据规范的要求，发送一个“1”之后可发送的“0”的个数不得超过 15 个。在 DDS 应用中一直在使用的一种最容易的解决办法，是使所有的第 8 位都为“1”，只使用低 7 位作为数据。这种 7/8 模式产生的速率为 56 kb/s，而不是 64 kb/s 的标准 DS0 速率。B8ZS 帧格式标准就是在这个技术上改进的。

对于 B8ZS 编码来说，每 8 个连零的块都替换为一个 B8ZS 码字。如果插入码前面的位脉冲作为正脉冲 (+) 来传输，则插入码为 000+-0-+；如果插入码前面的位脉冲作为负脉冲 (-) 来传输，则插入码为 000-+0+-（同样，BPV 点出现在第 4 和第 7 位）。B8ZS 编码波形如图 3.12 所示。

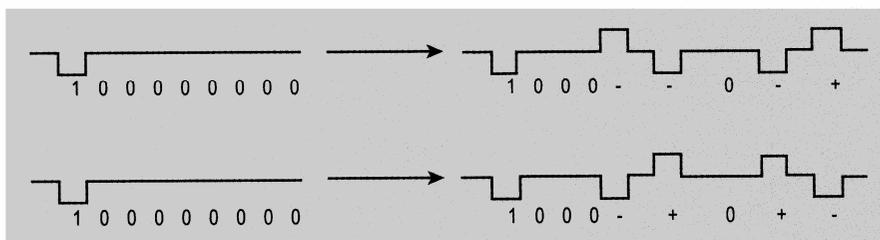


图 3.12 B8ZS 编码波形

电缆

ABAM 电缆是由 AT&T 制造的基于 DSX-1 规范的电缆，它采用 22 号美国线缆规格 (AWG) 的非屏蔽双绞线 (UPT)。不管怎样，ABAM 电缆现在不再可用。现代电缆制造商根据 EIA-568 规范已经开发出了不同类型的电缆。对于 T1 数据速率来说，2 类电缆就够用，它具有以下特点：

- ▶ 24 AWG
- ▶ 两对
- ▶ 频率为 0.772 MHz 时，阻抗为 100Ω
- ▶ 频率为 0.772 MHz 时，每 1 000 ft 的衰减为 7 dB
- ▶ 每 1 000 ft 的串话干扰为 41 dB

表 3.4 总结了几类新的电缆类型及特性。

表 3.4 新的电缆类型 (EIA-568 推荐)

| 类 型 | 服 务 类 型 | 速 率 |
|-----|---------------------|-----------------|
| 1 类 | POTS | N/A |
| | RS-232 / RS-562 | 19.2~115.2 kb/s |
| | T1, FT1 | 64 kb/s |
| | ISDN-BRI | 144 kb/s |
| | RS-422 | 1.0 Mb/s |
| 2 类 | IEEE 802.3 | 1.0 Mb/s |
| | IBM System 3x/AS400 | 1.0 Mb/s |
| | T1 | 1.544 Mb/s |
| | ISDN-PRI | 1.544 Mb/s |
| | IBM 370 | 2.36 Mb/s |
| | IEEE 802.5 | 4.0 Mb/s |
| 3 类 | 王安网 | 4.3 Mb/s |
| | IEEE 802.5 10BaseT | 10.0 Mb/s |
| | IEEE 802.5 令牌环 | 16.0 Mb/s |
| 4 类 | IEEE 802.5 令牌环 | 16.0 Mb/s |
| | New Arcnet | 20.0 Mb/s |
| 5 类 | X3T9.5 TPDDI | 100.0 Mb/s |

应用

我们可以在哪里使用这些 DS1/DSX-1/T1 信号呢？其应用主要有以下几方面：

- ▶ DACS
- ▶ D4 信道组
- ▶ PBX
- ▶ CSU
- ▶ FT1

最重要的问题是既有用户自己的 T1 网络，又有采用 AT&T Accunet T1.5 的 T1 网络。其应用方式是相同的，但采用 AT&T 连接的 T1 网络对设备的限制更加严格。

线路成本

T1 线路费用的减少使得越来越多的公司可以传输带宽密集型应用，包括电视会议和其他图像传输程序。用户只需增加少量成本就可以将带宽从普通语音级线路提升到 T1 级。但这种价格的下降趋势被新服务的引入抑制了。为适应短期数据网络的需要，通信公司正在提供各种可靠、高质量的交换数字服务。高速包交换服务也面临着类似的压力。例如，帧中继正被用来满足高速率（56kb/s~1.5 Mb/s）的突发数据传输的需要。

练习

1. FT1 与 T1 相比具有哪些优缺点？
2. 如果一个 640 kb/s 的 DS-0 通道每月的花费是 50 美元，全 T1 每月的花费是 520 美元，使用 FT1 还是全 T1 的平衡点是多少？
3. 如果一个 T3 每月的花费是 4 200 美元，使用多路 T1 还是 T3 的平衡点是多少？
4. 列出 T1、FT1 和 T3 技术的若干应用。

补充练习

使用 Web 查找至少 3 种使用 T1 连接进行数据通信的产品。列出这些产品名称及相应的特性。

第六节 ADSL

非对称数字用户线 (ADSL) 是本地环路中入户前的最后一步。顾名思义, ADSL 传输非对称数据流, 而且传输到用户的信息流量远大于从用户回传流量。

学习目标

本节结束之后, 应该能够:

- ▶ 理解 ADSL 为什么是非对称的
- ▶ 描述 ADSL 相对于其他本地环路接入方法的优点

关键知识点

- ▶ ADSL 为用户提供了更大的下行带宽。

ADSL

ADSL 是非对称的, 其原因主要与电缆设备本身有关, 而与传输技术的关系较小。把双绞线电话线路捆绑在一起就构成了大型电缆。50 对双绞线构成一根电缆对用户来说是常用的配置。但从 CO 出来的电缆却是由成百甚至上千对双绞线捆绑在一起的。从 CO 引出来的电缆是由从 CO 到用户的单条线路不断结合成的 (Bellcore 声称美国用户线路平均有 22 个结合处)。Alexander Graham Bell 发明了双绞线, 用来减小由于电线之间辐射和电容耦合而发生的信号干扰, 尽管这种干扰没有完全消除。

所有这些干扰使本地环路的带宽限制在大约 1.1MHz 的范围内。ADSL 非对称地分配这些带宽, 即将大部分带宽分配给下行 (至用户), 而少部分带宽给上行 (从用户)。数字用户服务的目标应用大多数是非对称的。视频点播 (VOD)、居家购物、Internet 访问、远程局域网访问、多媒体访问和专用的 PC 服务等, 其特点都是下行到用户的数据流的速率高, 而从用户上行的数据流速率低。例如, 带有模仿盒式录像机 (VCR) 控制的 MPEG 电影需要 1.5Mb/s 或 3.0Mb/s 的下行数据流, 在不超过 64kb/s (或 16kb/s) 上行数据流的情况下也能工作。Internet 协议或局域网访问使上行数据流速率有所提高。在大多数情况下, 10:1 的下行与上行数据速率比不会影响传输性能。

ADSL 有一个由距离决定的下行数据流的速率范围, 如表 3.5 所示。

上行数据流的速率范围在 16~640 kb/s 之间。现在的个人产品的速率变化范围, 最小是下

行 1.544 Mb/s 或 2.048 Mb/s，上行 16 kb/s；最大是下行 9 Mb/s，上行 640 kb/s。所有这些速率的运行频带都在 POTS 之上，使得 POTS 服务任何时候都独立而不受干扰，即使是在 ADSL 调制解调器发生故障的情况下也是这样。图 3.13 显示了这种类型用户线路的典型连接。

表 3.5 ADSL 数据速率

| 数据速率 / (Mb/s) | 线路规格 | 距离 / ft | 线径 / mm | 距离 / km |
|---------------|--------|---------|---------|---------|
| 1.5 或 2 | 24 AWG | 1 8000 | 0.5 | 5.5 |
| 1.5 或 2 | 26 AWG | 1 5000 | 0.4 | 4.6 |
| 6.1 | 24 AWG | 1 2000 | 0.5 | 3.7 |
| 6.1 | 26 AWG | 9 000 | 0.4 | 2.7 |

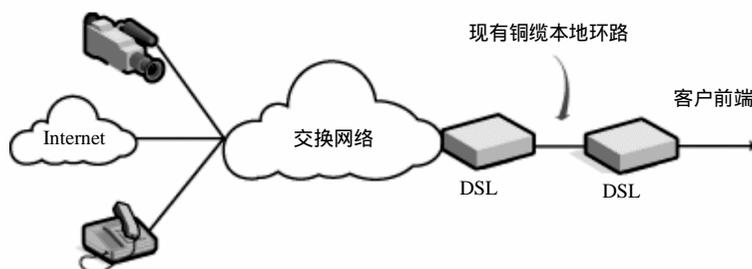


图 3.13 ADSL 连接

当 ADSL 传输压缩数据图像时，还包括为了减少脉冲噪声对视频信号影响的纠错功能。纠错导致了大约 20ms 的延迟，这种延迟对于局域网和基于 IP 的数据通信应用来说实在是太长了。因此，ADSL 必须知道它传送的是哪种类型的数据，以便决定是否使用纠错控制。（这个问题在通过双绞线或同轴电缆传输的电缆传输技术中会出现。）ADSL 还用于电路交换和包交换（比如 IP 路由器），甚至用于 ATM 数据交换。ADSL 必须同时连接 PC 和电视机机顶盒。总起来说，这些应用条件为 ADSL 调制解调器创造了一个复杂的协议和安装环境，使得这种调制解调器的功能远远不止是简单的数据发送和接收。

图 3.14 提供了一个 ADSL 网络配置概况。ADSL 线路连接双绞线两端的 ADSL 调制解调器。它创建了 3 个信息信道：

- ▶ 与 ATM 网络连接的高速下行信道；
- ▶ 中速双工信道；
- ▶ POTS 信道，通过滤波器同数字系统分开，这样就可以保证即使是在 ADSL 发生故障时 POTS 也不致于中断。

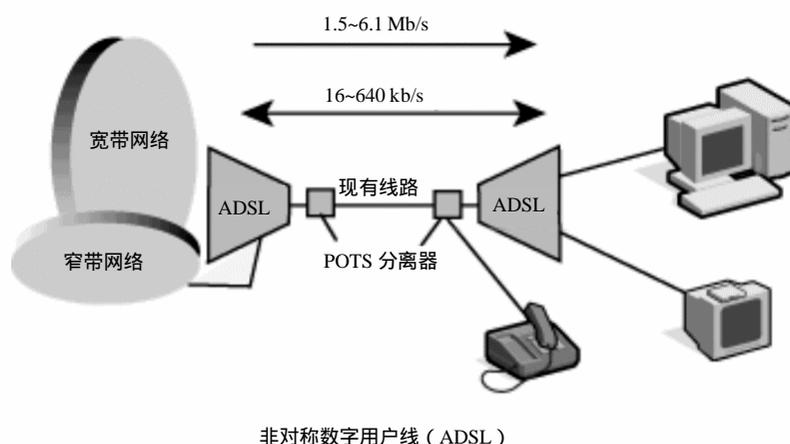


图 3.14 ADSL 配置

ADSL 使用模拟信号，但是将它们拨号调制解调器的 100 倍或更多倍的频率范围内展开。频谱被分成许多窄带，就好像有 100 个调制解调器在通过一条线路同时发送信号。

ADSL 被认为是 DSL 中最可行的版本，因为它可以跨越很长的距离。下行数据流的速率取决于几个因素：铜线的长度、电线的型号、桥接接头的存在和交叉处的干扰。当线路的距离和线路上的频率增加时，信号衰减的程度增加；当线径增加时，信号衰减程度减小。

由于为 ADSL 设计的许多程序都包括实时信号，不能使用链路层和网络层差错控制协议。因此，ADSL 调制解调器集成了前向纠错（FEC）功能。

为了创建具有各种不同数据速率的多种信道，ADSL 调制解调器通过频分多路复用（FDM）和回波消除技术来分割有效带宽，如图 3.15 所示。

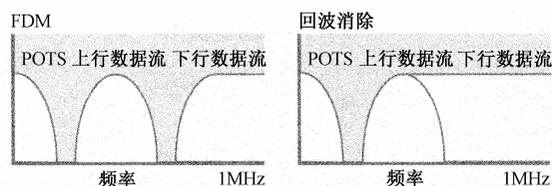


图 3.15 ADSL 带宽

FDM 给上行数据流分配一段频带，给下行数据流分配另一段频带。TDM 再进一步把下行数据通道分成 1 个（或以上）高速信道和 1 个（或以上）低速信道。上行数据信道也被多路复用。另一方面，回波消除把上行频带和下行频带重叠在一起，本地回波消除再把它们分开。

ADSL 调制解调器把上行信道、下行信道和维护信道多路复用成块，并在每个块中加入了一个错误码。接收器可以修正传输中出现的错误，不过受到错误码与块长度的限制。为了使 ADSL 能被广泛使用，必须克服一些技术和操作问题，包括技术规范的采用和本地环路的准备工作。

本地环路存在大量无用的线圈（如最初用来减少通话噪声的负载线圈）。这些线圈充当的是低通滤波器的角色，不允许频率超过 4 kHz 的信号通过。因此，在连接 ADSL 之前，必须拆除环路上处于本地分布结点与用户家庭之间的所有负载线圈。

另外，在整个电话系统中到处都存在问题，包括回路太长而造成的信号衰减、没有终结的线对、线路之间的串扰等。Bellcore 估计美国典型的一条电话线有 22 个接头，这会导致线路噪声和串扰，从而降低有效数据传输速率。

数字用户线和 Internet 接入

通信网络的本地环路或“最后一公里”，处理 OSI 模型的物理层和数据链路层。目前的通信运营商，如有线电视公司、电话公司和卫星传输公司等，正投入数十亿美元建立本地环路宽带基础设施。下面简单介绍这些发展。

为什么高速本地环路这么“热”

高速 Internet 本地访问解决方案的开发和应用速度如此之快，有 4 个主要原因：

- ▶ Internet 正在逐渐大众化——现在上网已经成为人们购买计算机的第一个原因。尝到了带宽的“滋味”后，不管是公司还是个人用户，对先进 Web 技术（如 MPEG 技术）的需求都在增加，这些都需要很大的带宽。
- ▶ 软件和硬件供应商的推动——这些厂商认为，对 Internet 的高速本地访问对它们保持持续发展来说是最重要的。特别是 Microsoft 认为，快速访问使得在 Internet 上也能够得到像电视那样的图像和视频，这也将推动装有 Microsoft 软件的 PC 市场的发展。也就是说，即使所有的高级 Internet 阻塞问题和服务器超载问题都解决了，“最后一公里”的速度问题仍是图像传输受限制的因素。Microsoft 对有线电视公司的 10 亿美元投资使电话公司“如梦初醒”。
- ▶ Internet 应用的加速发展——在浏览器界面和“通用”编程语言（如 Java）方面的进展加速了 Internet 应用的发展。高级的家庭/工作集成软件（如远程计算和 Extranet）正得到越来越多的关注。媒体和广告行业正在促进应用的发展，包括同用户进行双向通信，以此来收集市场数据和刺激消费。

- ▶ 不断加剧的竞争——在提供家庭宽带连接方面存在着激烈的竞争。电话公司和有线电视公司都在为不断增长的“网民”(Internet 用户)提供服务,相互之间的争夺剑拔弩张。

本地高速 Internet 访问的选择方案

表 3.6 总结了现在市场上提供的 Internet 访问的解决方案,这些方案已经在美国的一些地区采用或测试。

表 3.6 Internet 访问解决方案

| 变 量 | 56 kb/s 调制解调器 | ISDN | ADSL Lite | RADSL | ADSL | 线缆调制解调器 | DirectPC 卫星系统 |
|----------|---------------|----------|-----------|--------|--------|---------|---------------|
| 到用户的速度 | 56 kb/s | 128 kb/s | 1.5 Mb/s | 7 Mb/s | 8 Mb/s | 30 Mb/s | 400 kb/s |
| 从用户出来的速度 | 33.6 kb/s | 128 kb/s | 128 kb/s | 1 Mb/s | 1 Mb/s | 3 Mb/s | 无(必须拨号) |
| 每月花费/美元 | 20 | 60~100 | 40~100 | 40~200 | 40~200 | 30~60* | 20~130 |

*估算值,包括 ISP 相应的服务(如内容、浏览器等)。

56kb/s 调制解调器是用户现在可用的最快的拨号上网解决方案。如果与现在的宽带上网解决方案相比,那么这是一种不方便的“窄带”解决方案。

ISDN 是端到端的交换数字网络,它将增强的语音和图像性能同高速数据和文件传输结合起来。建立在标准 UTP 电话线基础上的 ISDN 提供了两种速率的服务——基速率和主速率。现在市场上有关的版本都是基速率 ISDN,它在一对双绞线上提供了 3 条信道:2 条 64 kb/s 信道和 1 条用于信令或数据包的 16 kb/s 信道。两条载体信道可以绑在一起,提供 128 kb/s 的总速率。

尽管 ISDN 在 20 世纪 90 年代初期就出现了,但由于实用性和价格等问题,没有流行起来。(LEC 不愿意调拨他们 T1 业务上的人员去搞 ISDN。)据 1997 年估计,在所有电话线中,ISDN 只占到大约 5%。(ADSL 和速率适应数字用户线(RADSL)也可以提供 ISDN 服务,虽然它们减少了数据带宽。)

线缆调制解调器是一种在有线电视提供商的混合光纤同轴(HFC)网络上提供宽带 Internet 访问的技术。这是一种类似于以太局域网的广播技术,带宽可共享,且数据包以存储转发的形式传送。位于每个用户家中的线缆调制解调器把不是该用户地址的信息过滤掉,余下的信息通过一个虚拟的点对点连接发送给用户计算机。

线缆调制解调器的下行速率最高可达 36 Mb/s,但大多数计算机还不能处理这么高的

速率。终端用户连接的速率被限制在 10 Mb/s 以内，这是通过任何 10BaseT 以太网 PC 连接的最大速率。

xDSL 是把现有的双绞电话线路转化为多媒体和高速数据通信访问路径的调制解调器技术，同时也提供 POTS。20 世纪 80 年代开发的 xDSL 是为了通过电话线提供视频点播 (VOD) 服务，而其传输数据的最大速率可达到 56 kb/s 调制解调器的 160 倍。xDSL 提供的速率是由 xDSL 协议、铜线的粗细程度以及与电话公司的 CO 之间的距离决定的。各种类型的 DSL 技术包括：

- ▶ ADSL 可以提供 3 种下行传输速率：1.544 Mb/s，传输距离可达 5.486 km (18 000 英尺)，传输介质是铜双绞线；6.312 Mb/s，距离可达 3.200 km (12 000 英尺)；8.448 Mb/s，传输距离可达 2.743 km (9 000 英尺)。(都采用 24 号规格线路。)ADSL 是非对称的，其下行数据流(到用户桌面)的速率要高于上行数据流(从用户桌面发出)的速率。非对称解决方案很受欢迎，因为它符合 Internet 的用户模式。一个典型的 Internet 网络冲浪现象可以说明这种不对称性：需要敲键 10 次来下载一个 100 kb/s 可交换图像格式 (GIF) 的文件。
- ▶ RADSL 是另一种形式的 ADSL，可以用于多种情况、多种铜缆长度。RADSL 具有与 ADSL 相同的最大数据传输速率，但是下行和上行数据传输速率是随传输时的线路长度和干扰(串扰)情况等的不同而不断调整的。
- ▶ 早在 1998 年，Compaq、Microsoft 和 Bell 等几个运营公司就开始正式支持 ADSL，并宣布了一个开发 ADSL Lite 的计划，它是一个不需要安装分离器(将 POTS 分开)的较低版本的 ADSL。启动 ADSL Lite 时，只需将其插入一个 ADSL 调制解调器中，然后与 Internet 服务供应商 (ISP) 联系。
- ▶ 位速率非常高的 DSL (VDSL) 现在市场上还买不到，它承诺在大约 13 Mb/s 的下行速率下通过铜双绞线传输 1 371 m (4 500 英尺) 的距离，在 26 Mb/s 速率下传输 914.4 m (3 000 英尺)，在 52 Mb/s 速率下传输 304.8 m (1 000 英尺)。(所有都是 24 号规格的线路。)

练习

1. 列出下列技术的优势和劣势：
 - a. 56 kb/s 调制解调器
 - b. ISDN
 - c. ADSL Lite

d . RADSL

e . ADSL

f . 线缆调制解调器

2 . 为什么 ADSL 是非对称的？

补充练习

进入 ADSL 论坛站点，地址为：<http://www.adsl.com>，研究 ADSL 的最新发展。

第七节 线缆调制解调器

线缆调制解调器 (Cable Modem) 是针对本地环路的另一种技术, 可提供的服务远远不止是基本视频服务, 还可以提供 Internet 连接以及其他家庭和小型公司的应用等。

学习目标

本节结束之后, 应该能够:

- ▶ 了解线缆调制解调器技术的基本原理
- ▶ 比较线缆调制解调器和 ADSL 提供的服务

关键知识点

- ▶ 线缆调制解调器可为用户提供视频、电话和数据服务。

线缆调制解调器技术

图 3.16 给出了线缆调制解调器访问 HFC 网络的概况。HFC 网络由光纤馈线组成, 这些光纤将线缆数据转发器连接到服务于邻近的几百个家庭的光纤结点。每个结点到每个家庭之间用同轴电缆连接。家庭中的网络接口单元 (NIU) 包括线缆调制解调器和其他电子设备 (也许是一台电源)。

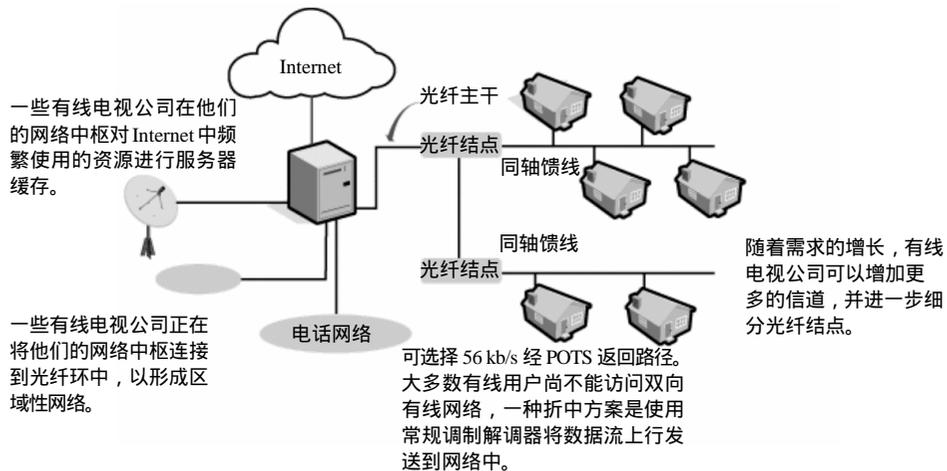


图 3.16 Internet 与线缆调制解调器

线缆调制解调器是一个带有调谐器的复杂设备。调谐器负责把通话中的数字信号从广播流（视频）中分离出来，有时是从网络适配器、网桥和路由器、使有线电视公司能监控运行情况的网络管理软件代理以及加密设备中分离出来。每个线缆调制解调器都有一个以太网端口。这种配置产生的结果是 NIU 可以提供 3 条电缆：1 条把广播视频送到电视的同轴电缆、1 条连接到 PC 的以太网网线和 1 条连接电话的双绞线。

最普通的线缆调制解调器在一个 6 MHz 的电视频道中产生了一个下行数据流，占用 5~50 MHz 之间的频段。普通线缆调制解调器利用目前未用的 5~50 MHz 之间的频段建立上行数据流信道。现在的 HFC 电缆网络使用的是 750 MHz 的频率，相当于 110 个 6 MHz 带宽（美国联邦通信委员会 FCC 限制）的下行数据流信道。介于 5 MHz 和 42 MHz 之间的频谱带宽已被上行的信号和通话预定了。使用 64QAM 正交调幅，下行数据速率可以高达 30 Mb/s。QAM 中既有调幅也有调相。一个相位和振幅对就代表一个特定的位模式。

下行数据信道是连续的，但被分解成了数据包或数据单元的形式，每个数据包的地址都是一个特定的用户。频谱的下行部分支持混合服务，包括模拟视频、数字广播、交互式视频、电话和数字服务等。下行传输不会干扰发送给电视机的电视信号的传输。上行传输的速率随调制解调器的不同而不同。为了避免冲突，系统将每个上行数据包，与嵌入到下行信息流中的控制信号一起放到网络上。

有两种类型的线缆调制解调器：双向线缆调制解调器和电话返回式线缆调制解调器。电话返回式线缆调制解调器使得还没有升级到双路通信的电缆网络用户也能从下行连接的高速率中获益。现在使用的大多数线缆调制解调器就是电话返回式线缆调制解调器。

线缆调制解调器可以提供的功能有：对信号扭曲的补偿、地址过滤、发送和接收、自动功率调整、自动振幅调整（补偿温度的变化）、信号调制和对不同距离造成的延迟的补偿等。它要求在计算机中装有 TCP/IP 软件。

为了使线缆调制解调器得到广泛应用，有线服务运营商必须克服许多技术上和操作上的问题。这些问题包括用户前端设备（CPE）的技术规范和双向传输设备的准备工作。另外，在上行信道上模拟噪声的干扰很大，且很难克服。

ADSL 和线缆调制解调器用户透视

从最终用户的观点来看，ADSL 和线缆调制解调器都能提供不间断的连接，它们使得连接到 Internet 就像使用光驱（CD-ROM）一样容易。这两种技术都需要访问安装程序才

能使用。选择 ADSL 还是选择线缆调制解调器，取决于用户对共享带宽、价格以及主机选择（选择 ISP 或公司局域网）等因素的要求。下面对这些因素进行讨论：

- ▶ 共享带宽——ADSL 需要一个专用的连接，而线缆调制解调器需要用户共享对传统的以太网广播网络的访问。当有多个线缆调制解调器用户同时在线时，下行速度会降低到 64 kb/s，远远低于广告上所说的 10 Mb/s。有线电视公司打算安装更多的数据转发器设备，以减少由于用户增加而使访问速度降低的程度。共享线缆调制解调器的一个更麻烦的问题是缺少安全性。一个勉强熟练的黑客就能够很容易地找到一条通向与他相邻的计算机文件系统的途径。
- ▶ 价格——价格对用户来说是一个需要特别考虑的因素。最近 Yankee Group 的调查表明，三分之二的 Internet 用户希望获得快速访问，但只有 10% 用户愿意支付包括 Internet 访问的每月 40 美元的费用。表 3.7 给出了示例速率及其相应的费用。

表 3.7 示例速率及其相应的月平均费用

| 下行数据流速率 | 月平均费用 / 美元 |
|----------|------------|
| 256 kb/s | 40 |
| 512 kb/s | 65 |
| 768 kb/s | 80 |
| 1 Mb/s | 120 |
| 4 Mb/s | 480 |
| 7 Mb/s | 840 |

- ▶ 主机选择——电话公司的 ADSL 服务是基于集线器和对话模型的。在这种模型中集线器可以是一个公司的局域网，也可以是一个 ISP。如 US West，其集线器位置必须购买“兆位中枢”连接线路，速度为 1.5~45 Mb/s。这允许每个“兆位”用户选择自己的 ISP。与此相反，主线缆调制解调器服务只能链接到所提供的专有目录，包括 Internet 访问。用户无法选择 ISP。

练习

1. 讨论线缆调制解调器的优势和劣势。
2. 对比线缆调制解调器和 ADSL 服务。
3. 什么是 HFC 网络？

补充练习

1. 研究线缆调制解调器技术的最新发展。总结你的发现。
2. 研究 ADSL 技术的最新发展。总结你的发现。

第八节 SONET

在公用长途网络中有时已经使用了光纤。(回想一下 Sprint 的电视广告,其中针掉下来的声音可以通过长途电话线听到。)第一代光纤链路本质上是完全专有的,包括其体系结构、设备、协议、多元帧格式等。同步光纤网(SONET)给光纤传输提供了标准。

学习目标

本节结束之后,应该能够:

- ▶ 理解 SONET 发展和配置的目的
- ▶ 理解构成 SONET 体系结构的协议
- ▶ 列出在基于 SONET 的网络中所使用的设备

关键知识点

- ▶ SONET 用 OC (光载波) 这个术语来表示数据速率描述符。

同步光纤网(SONET)标准

OC 服务的标准化相对于电话公司来说具有非常明显的优势,使得电话公司完全有可能从众多供应商中选择设备,并可以同其他电话公司“在玻璃(光纤)中”进行接口,即不用铜线了。SONET 使得速率与 DS-0 一样低的同步信号可不经过多路分解而进行交换。

SONET 规范定义了一个信号分层结构,类似于我们所见到的 T-Carrier 分层结构,但 SONET 分层扩展到了大得多的带宽,如表 3.6 所示。基本构建块是 51.84 Mb/s 的 1 级同步传输信号(STS-1),它被用来容纳一个 DS3 信号。这个分层结构定义到了 STS-48,即 48 个 STS-1 信道,总共 2488.32 Mb/s,能承载 32256 个语音线路。STS 这个符号只用在电信号接口中。光信号标准被相应地指定为 OC-1、OC-2 等。现在,OC 速率可高达 OC-768,即 40 Gb/s。

SONET 最初是美国标准,后来并入了同步数字系列(SDH)。SDH 是由 CCITT 和许多国际的邮政、电话和电报(PTT)公司发展起来的。进行标准化的原因是想将前面提到的 3 个标准合并成一个世界范围的网络标准。SONET/SDH 是一个满足世界范围标准化需求的标准。这两个标准之间的差别参见表 3.8。SONET 使用 OC 或 STS 作为数据速率描述符。SDH 使用同步传送模式(STM)。

表 3.8 SONET 带宽

| STS 和 OC | SDH | 速率 / (Mb/s) | DS-1 数量 | DS-3 数量 |
|----------|-----|---------------|---------|---------|
| 1 | | 51.84 | 28 | 1 |
| 3 | 1 | 155.52 | 84 | 3 |
| 9 | | 466.56 | 252 | 9 |
| 12 | 4 | 622.08 | 336 | 12 |
| 18 | | 933.12 | 504 | 18 |
| 24 | 8 | 1 244.16 | 572 | 24 |
| 36 | 12 | 1 866.24 | 1 008 | 36 |
| 48 | 16 | 2 488.32 | 1 344 | 48 |

SONET 的优势

SONET 对于使用交换网络通信的用户来说，具有非常重要的优势：

- ▶ SONET 标准提供了一个低级的平台，本节描述的其他一些标准可以以它为基础。
- ▶ SONET 使用户可以购买与公用交换网络在“玻璃中”接口的设备。例如，SONET 接口对交换多兆位数据服务（SMDs）和 ISDN 都是有效的。
- ▶ 即使是早期的产品（从 OC-1 到 OC-3），也能使综合了数据、语音和视频图像的新应用在技术和经济上都可行。
- ▶ 当 SONET 链路扩展到用户前端时，到 SONET 网络的数据接口使用的是第 2 层上的协议，如 ISDN。也就是说，它看上去只像是到用户网络的一个铜线 ISDN。

SONET 标准包含大量的网络操作和管理设备。为此，很大部分 SONET 带宽分配给了带外控制信号。该管理系统有它自己的通信体系结构，符合 OSI 标准。最后，用户只要在他们自己的计算机上运行必要的“栈”，就可直接与这种体系结构进行接口。

SONET 协议结构

图 3.17 显示了 SONET 结构和 OSI 模型的关系。注意，SONET 是物理层的标准，它处理数据位的传输。SONET 物理层分为 4 层：路径层、线路层、分段层和光子层。

路径层

路径层是端到端管理和数据传递的逻辑连接。该层是 DS-3、FDDI 或其他协议在

SONET 网络中的映射点。它的功能在概念上类似于网络层协议。

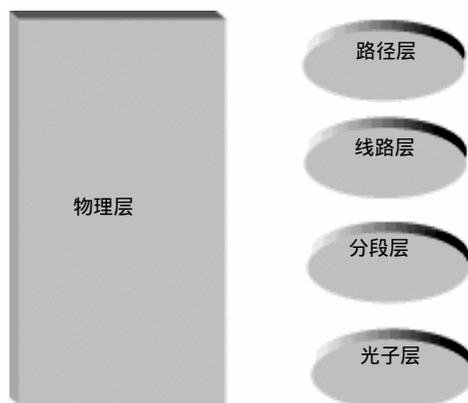


图 3.17 SONET 结构和 OSI 模型

路径层是 SONET 中的服务访问。通过一部分被称为路径开销 (POH) 的保留带宽，路径层负责在网络部件间完成下列功能：

- ▶ 服务的映射和传输
- ▶ 设备状态
- ▶ 连接
- ▶ 差错监控
- ▶ 用户定义的功能

路径端接设备 (PTE) 包括发起和结束传输服务的网络部件。像 SONET 数字交叉连接 (DCS) 系统之类的 PTE，用来读取、解释并修改路径开销。定位或映射到 STS-1 路径层的服务被称为净荷。在同步净荷包 (SPE) 容量范围内，净荷可放置在任何位置。路径开销 (POH) 驻留在净荷中。

线路层

线路层负责在传输介质 (通常是光缆) 上可靠地传输路径层的净荷和路径开销。在线路层运行的网络部件称为线路端接设备 (LTE)。线路层为路径层的净荷和路径开销提供了下列 LTE 到 LTE 的功能：

- ▶ 同步
- ▶ 净荷定义
- ▶ 多路复用
- ▶ 差错监控

▶ 自动保护交换 (APS)

这些功能是由 STS 中的称为线路开销 (LOH) 的一部分带宽完成的。LOH 可以被任何可以终止这一层的设备读取、解释和修改。线路端接设备 (LTE) 的例子有 SONET 光纤多路复用器, 包括增/减多路复用器。在同一台机器中, 可以同时包含 LTE 和 PTE, 或者 PTE 可以驻留在另一个位置。值得注意的是, PTE 也是 LTE。

分段层

分段层提供类似于 OSI 模型的数据链路层的功能。分段层负责在光纤上传输 STS-*N*。这一层的网络部件叫做分段端接设备 (STE)。通过使用被称为分段开销 (SOH) 的一部分 STS-1 的保留带宽, 分段层可执行下列 STE 到 STE 的功能:

- ▶ STS 验证
- ▶ 组帧
- ▶ 加密
- ▶ 差错监控
- ▶ 用户定义的功能

SOH 由可终止这一层的所有设备读取、解释和修改。PTE 和 LTE 也是 STE。SONET 再生器就是 STE 网络部件的例子。

光子层

光子层负责光纤上数据流的传输。这一层将传输的电信号转换成光信号, 并执行相反的过程。收发器 (Transceiver) 就是一种把电信号转换为光信号的设备。光设备在这一层进行通信, 没有开销。这一层的主要功能是加密, 并将电形式的 STS-*N* 帧转化为光脉冲 (如 OC-*N*), 以便在光纤上传输。加密延长了激光发射器的使用寿命。这一层需要监控的有: 光脉冲成形、功率水平和波长。

SONET 多路复用

SONET 使用 STS-1 的位速率 (51.84 Mb/s) 作为基本构件块。更高的传输速率是 STS-1 速率的倍数。图 3.18 描述了 SONET STS-3 的基本多路复用结构。从 DS-0 到宽带 ISDN (B-ISDN) 的任意类型的服务都能被服务适配器接收。适配器将信号映射到 STS-1 的净荷信息包中。通过在 SONET 网络边缘上增加新的服务适配器, 就可以传输新的服务和信号。在这个例子中, 3 个 STS-1 被多路复用成一个 STS-3, 并转化成一个 OC-3 信号。

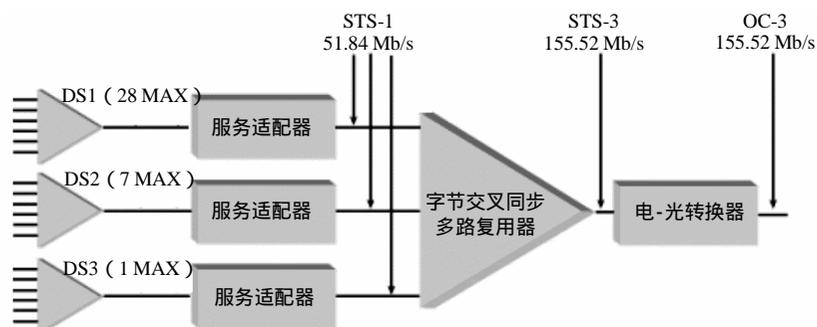


图 3.18 SONET STS-3 多路复用

每一个输入最终都转化成了一个同步 STS-1 信号 (51.84 Mb/s) 的基本格式或更高的格式。低速输入 (如 DS-1) 是被多路复用到虚拟支路上的第一个位或字节, 如图 3.19 所示。然后几个同步 STS-1 经过一级或两级多路复用, 形成一个 STS- N 电信号。

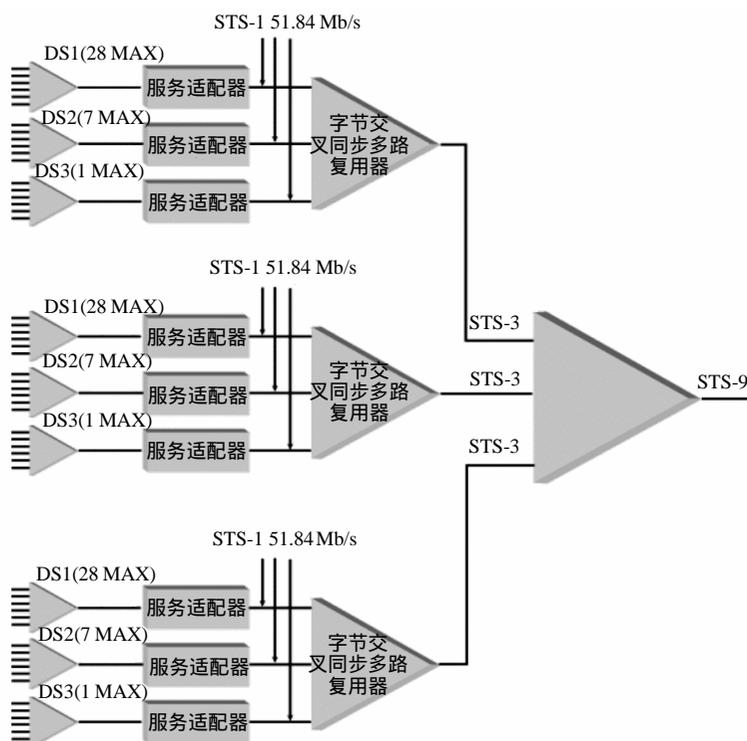


图 3.19 SONET 同步多路复用

STS 多路复用是在字节交叉同步多路复用器上完成的。字节以使低速信号可见的格式相互交叉。接着再实现从电信号到光信号（即 OC-N 信号）的转换。

多个 STS-1 帧能被多路复用在一起，形成更高速的信号。

SONET 帧格式

图 3.20 给出了 SONET 的帧格式。SONET 帧可以分成两部分：传输开销和 SPE。SPE 又分成两部分：STS POH 和净荷。净荷是在 SONET 网络上传输和路由的用户数据。净荷被多路复用而构成净荷包后，就可以不被中间结点解释而直接在 SONET 上传输和交换。因此，SONET 据说是服务独立或服务透明的。STS-1 净荷的传输能力可达到：

- ▶ 28 个 DS-1
- ▶ 14 个 DS-1C
- ▶ 7 个 DS-2
- ▶ 1 个 DS-3
- ▶ 21 个 CEPT1 (E1 型信号)

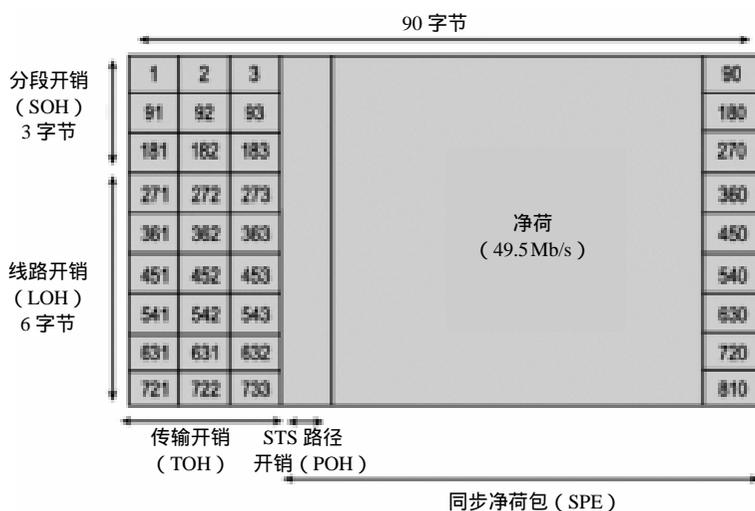


图 3.20 SONET 帧格式

一个数据帧从字节 1 开始，从左到右一字节一字节地传输，直至传输完字节 810。整个帧的传输需要 125 μs。

帧中的每一分段对应着 SONET 帧的特定“头”。LOH 与 SOH 组合成为传输开销

(TOH)。图 3.21 描述了 SONET 网络的分段、线路和路径部分。每一部分都加入了开销，以便简化多路复用和减少电路维护。从头至尾都带着路径层开销。其中转发器又叫做再生器。

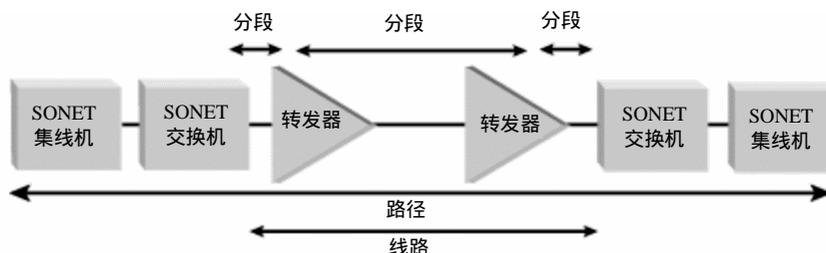


图 3.21 SONET 配置示例

SONET 也定义了 STS-1 子层，称之为虚拟分支（VT）。表 3.9 定义了 4 种虚拟分支速率。虚拟分支也可看做是以 SONET 为基础的系统输入。

表 3.9 虚拟分支

| 类 型 | 传 输 | VT 速率/ (Mb/s) |
|-------|-----------|---------------|
| VT1.5 | 1 个 DS-1 | 1.728 |
| VT2 | 1 个 CEPT1 | 2.304 |
| VT3 | 1 个 DS1C | 3.456 |
| VT6 | 1 个 DS-2 | 6.912 |

在一个 STS-1 帧中，每一条 VT 占据一列数字，如图 3.22 所示。在 STS-1 内，许多 VT 组能混合在一起，形成一个 STS-1 净荷。

同步是数字通信的关键技术之一。SONET VT 需要时钟信号用于数据流同步。同步与异步多路复用技术是将 DS1 信号组合成为更高速率数据流的两种主要方法。SONET 使用同步多路复用技术。为了更好地理解 SONET 的同步多路复用系统，先考虑异步多路复用技术。异步多路复用器将 DS1 组合成为 DS2，然后再组合成为 DS3。由于参考时钟在各个电路间可变，多路复用技术必须允许这种改变。异步多路复用通过使用称之为“位填充”的方法来实现。位填充将在第 4 章详细介绍。为了访问各个 DS 信号，接收机必须首先解复用，并删去填充的位等。SONET 同步多路复用技术将 DS VT 组合成为 STS-1 SPE。因为多路复用是同步的，低速分支被复用在一起，并且在较高速率下可见。不需要对整个 STS-1 进行多路分解，就能把含有 DS-1 的 VT 单独抽取出来。



图 3.22 STS-1 组帧

SONET 网络组件

在一个基于 SONET 的网络中，可能用到几种组件。一些较常见的组件有：

- ▶ 增/放多路复用器 (ADM)
- ▶ 宽带 DCS (数字交叉连接交换机)
- ▶ 宽波段 DCS
- ▶ 端接多路复用器 (TMUX)
- ▶ 再生器

一个 ADM / 多路分解器能将不同的输入多路复用成一个 OC-N 信号。它可用于终端站点或中间网络结点，可以像集线器那样配置，如图 3.23 所示。在一个增/放点，只有那些需要存取的信号被分接或插入，其他通信流则继续直接通过，不需要特殊设备或额外处理。ADM 可看做 LTE。

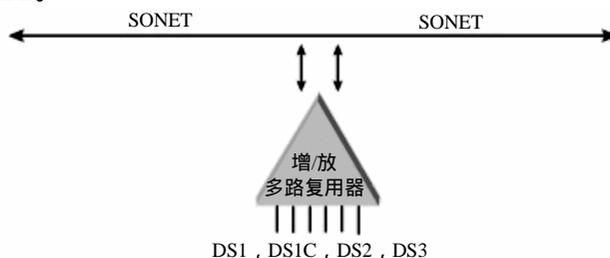


图 3.23 ADM

宽带 DCS 组件可以接收不同的光载波 (OC) 速率，可以访问 STS-1 信号，并在该层上进行

交换。它最适合用于 SONET 集线器。SONET 宽带 DCS 组件如图 3.24 所示。交叉连接系统和增 / 放多路复用器之间的一个主要区别，是交叉连接系统可以将更多的 STS-1 进行互连。

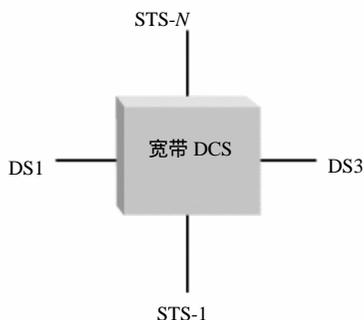


图 3.24 SONET 宽带 DCS

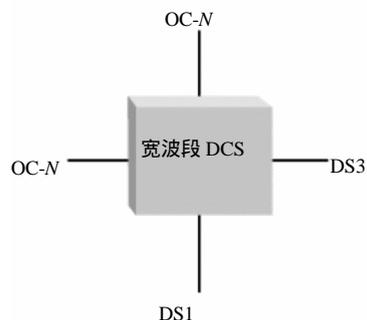


图 3.25 SONET 宽波段 DCS

宽波段 DCS 系统类似于宽带 DCS 系统，只不过宽波段 DCS 系统的交换是在 VT 层完成的，如图 3.25 所示。宽波段 DCS 系统接收 DS-3 和 DS-1，只有所需的 VT 才被存取和交换，OC-N 信号保持不变，因而比宽带 DCS 允许进行更多的粒状多路复用 / 多路分解。宽波段 DCS 属于 PTE。

端接多路复用器 (TMUX) 是用来访问 SONET 网络的设备，如图 3.26 所示。TMUX 属于 PTE，用做连接到 SONET 网络的接入点。



图 3.26 SONET 端接多路复用器 (TMUX)

SONET 再生器如图 3.27 所示，它在设备之间的距离很长时用来放大 OC-N 光信号。再生器在接收到 STS-N 帧中将 SOH 替换掉，而对 LOH, POH 和净荷保持不动。因此，再生器属于 STE。



图 3.27 SONET 再生器

练习

1. 为什么选择 51.84 Mb/s 作为 SONET 的基本速率？
2. SDH 和 OC 之间的区别是什么？
3. 为什么 ATM 一般以 155 Mb/s 和 622 Mb/s 的速率运行？
4. 从计算机网络的角度来看，可将 SONET 归为 OSI 的哪一层？
5. 列出并简要描述 SONET 结构的 4 个协议层。

补充练习

1. SONET 可支持哪些技术？有没有可能在 SONET 网络上承载语音会话？语音网络如何与 SONET 网络进行接口？IP 网络如何与 SONET 网络进行接口，采用什么设备？
2. 研究 Internet 主干网使用的物理层协议，并总结你的发现。

本章小结

本章介绍了通过广域网传输信息时使用的很多物理层协议。当确定有关广域网的技术时，通常要在可用性、价格和性能之间进行折中。当选择一种广域网技术来满足给定的电信要求时，所使用的线路将决定广域网连接的有效选择。本章涉及的技术代表了许多用于广域网的通用点对点技术。

根据电信公司所提供的服务，选定服务时常常要综合考虑服务成本和电信公司提供的带宽。一般而言，带宽越宽，服务费用就越高。例如，使用调制解调器和拨号网络要比使用 T1 服务便宜得多。但是 T1 所提供的带宽可能是拨号方案带宽的 50 倍（30kb/s 与 1.5Mb/s）。

在点对点服务和交换服务中都使用这些技术。就像在下一章将要看到的那样，数据链路层协议使用这些物理层协议通过单一链路传输信息。例如，运行在 SONET 上的 ATM 和运行在 T1 上的帧中继都是很常见的。理解每一层及各种技术选择，对计算机连网专业人员是很有好处的。

小测验

1. VSAT 是一种什么样的设备？
 - a. 提供对卫星的连接
 - b. 提供对微波系统的连接
 - c. 提供对 PBX 的连接
 - d. 提供对本地环路的连接
2. 部分 T1 线路是：
 - a. 64 kb/s 信道
 - b. 58 kb/s 信道
 - c. T1 信道
 - d. T3 信道
3. 数字数据服务（DDS）使用下列哪种设备？
 - a. 卫星通信设备
 - b. 数字调制解调器
 - c. 模拟调制解调器
 - d. Codec
4. DTE 的特点是：

-
- a . 网络中的终端设备或结点
 - b . 由电话公司维护的通信设备
 - c . 高速交换机
 - d . DSU/CSU
- 5 . T1 等同于 :
- a . DS-0
 - b . ISDN 基速率
 - c . DS-1
 - d . E1
- 6 . 通过 T1 信道传输数据的速率通常为 56 kb/s 的原因是 :
- a . T1 信道的一部分用于传输语音通信的带内控制信号
 - b . 56 kb/s 是通过 T1 进行数据通信的最高理论速率
 - c . T1 只能以 56 kb/s 速率传输信息
 - d . 这是使用 T1 信道的最有效方式
- 7 . 下列哪个是光纤技术 ?
- a . T3
 - b . T1
 - c . SONET
 - d . 以太网
- 8 . 多路复用器用来 :
- a . 将低速输入信号映射成高速输出信号
 - b . 将高速输入信号映射成低速输出信号
 - c . 将模拟信号转换为数字信号
 - d . 将数字信号转换为模拟信号
 - e . 以上都不对
- 9 . SONET 的基本构建块是 :
- a . STS-1
 - b . 51.84 Mb/s
 - c . 48 kb/s
 - d . 64 kb/s
 - e . a 和 b 都对
- 10 . STS 信号和 OC 信号之间的主要区别是 :
- a . 一个数字的 , 另一个是模拟的

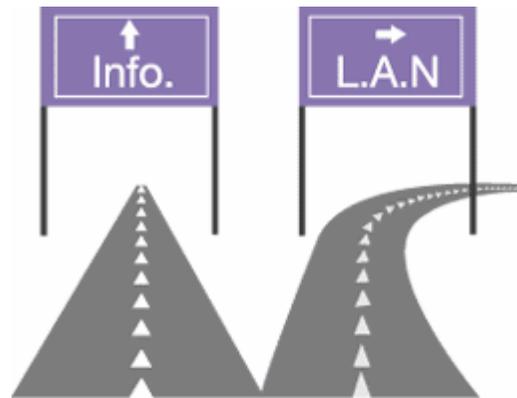
- b . 一个是低速的，另一个是高速的
 - c . 一个是电子的，另一个是光的
 - d . 一个是二进制的，另一个是八进制的
- 11 . STS 净荷可以传输:
- a . 28 路 DS-1
 - b . 1 路 DS-3
 - c . 28 路 T1
 - d . 1 路 T3
 - e . 以上都对
- 12 . 以下哪 3 项是 CSU 的功能 :
- a . 阻抗匹配
 - b . 保持激活
 - c . 再生
 - d . 回送
- 13 . 编码信号中包含正、零和负电压，称之为 :
- a . B8XS
 - b . AMI
 - c . DXI
 - d . ESF
- 14 . 以下哪 2 项是双极破坏点 (BPV) 的例子 ?
- a . 0000001
 - b . 011 (第一个 “ 1 ” 为 +5 V , 第二个 “ 1 ” 为 -5 V)
 - c . 000101 (“ 1 ” 均为 +5 V)
 - d . 10001 (“ 1 ” 均为 -5 V)



第四章

数据链路层广域网协议

- 1 高层
- 2 HDLC
- 3 SLIP 和 PPP
- 4 端到端连接



概 述

本章介绍通过点对点网络传输信息的协议，这些协议与开放系统互连（OSI）模型的数据链路层密切相关。而其他的协议，如帧中继和异步传送模式（ATM），将在第四章介绍，它们用来通过交换网络传输信息。本章讲述目前广域网环境下最常用的一些协议。

术语

Compressed Serial Line Internet Protocol (CSLIP) 压缩的串行线路网际协议

CSLIP 是一种 Internet 协议，用以减少 TCP 通信加在数据流量上的开销。例如，在一个简单的基于字符的终端通信中，对于 ASCII 字符来说，一个 1 字节长的字符在一个包中就可以承载，而 TCP 头和 IP 头差不多会增加 4 000 % 的开销，其中每个包要承载 20 字节的 TCP 头信息和 20 字节的 IP 头信息。CSLIP 将 TCP 头部分减少到 3~5 字节，从而可减少约 300% 的开销。

Frame Relay 帧中继

帧中继是一种广域数据传输技术，其工作速率通常为 56 kb/s ~ 1.5 Mb/s。帧中继实质上是一种电子交换，它物理上是一台连接到 3 条以上高速链路上并在他们之间路由数据流量的设备。

High-Level Data Link Control (HDLC) 高级数据链路控制

HDLC 是一种用于数据通信的数据链路层传输协议。HDLC 将信息嵌入到数据帧中，使得设备可以控制数据流和纠错。

High-Level Data Link Control (HDLC) Information Frame HDLC 信息帧

HDLC 信息帧是在两台计算机之间承载数据的 HDLC 帧。

High-Level Data Link Control (HDLC) Supervisory Frame HDLC 监督帧

HDLC 监督帧是两台计算机之间交换控制数据流的 HDLC 帧。例如，通过在监督帧中插入适当的码，一台计算机可以确认数据已收到，否则可要求对方重发。

High-Level Data Link Control (HDLC) Unnumbered Frame HDLC 未编号帧

HDLC 未编号帧是两台正在通信的计算机之间交换控制信息的帧。例如，通过在监督帧中插入适当的号，一台计算机可以改变操作模式，或者要求断开连接。

Internet Service Provider (ISP) Internet 服务提供商

ISP 是一个机构，Internet 用户必须通过它才能接入 Internet 主干网。

Link Access Procedure Balanced (LAPB) 平衡型链路接入规程

LAPB 是通过 HDLC 协议实现的一种数据链路层协议。LAPB 主要用于 X.25 网络，它在两台已连接的设备之间提供一条无差错的链路。

Link Access Procedure for D Channel (LAPD) D 信道链路接入规程

LAPD (或 LAP-D) 是综合业务数字网 (ISDN) 层次协议的一部分，与 LAPB 非常相似。LAPD 定义了 ISDN D (信令) 信道所使用的协议，以提供设置呼叫和其他信令功能的接口。

Link Control Protocol (LCP) 链路控制协议

LCP 是点对点协议 (PPP) 用来建立和测试串行连接的一种传输协议。

Network Control Protocol (NCP) 网络控制协议

NCP 是允许 PPP 同时在单一连接上支持多个第 3 层协议的协议。

Point-to-Point Protocol (PPP) 点对点协议

PPP 是允许计算机按照点对点连接方式使用 TCP/IP 的协议。PPP 是基于处理局域网链路和广域网链路的 HDLC 标准的，运行于 OSI 模型的数据链路层。

Request for Comment (RFC) 请求注释

RFC 文档是 Internet 研究和开发团体的工作文档。此系列文档原则上可以是与计算机通信有关的任何主题，从会议报告到标准规范。

Serial Line Internet Protocol (SLIP) 串行线路网际协议

SLIP 不是正式的 Internet 标准，而是包括很多 TCP/IP 应用的一个实际标准。SLIP 最初是为远程连接到 UNIX TCP/IP 主机而开发的。

Synchronous Data Link Control (SDLC) 同步数据链路控制

SDLC 作为一种数据链路协议，被 IBM 系统网络体系结构 (SNA) 的基于主机的系统广泛采用。SDLC 使用一般的主 / 从模式，其中一个结点控制其他结点如何接入网络。

X.25

X.25 是一种历史悠久的包交换标准。X.25 接口位于 OSI 的第 3 层而不是第 1 层。X.25 定义了一个 3 层的协议栈。

Zero Bit Insertion 零位插入

位填充允许在同步传输线路上传输二进制数据。在每帧内都包含一个特定的位序列，其中包括地址、标志位和其他一些信息。如果帧的信息 (数据) 部分也包含这种特殊序列，发送站就插入一个 0，接收站再将其删除。

第一节 高 层

至此，本课程已经学习了访问广域网（WAN）所用到的不同概念和组件，还学习了物理层协议和为通过物理介质传输二进制数据而设计的协议。物理层主要解决的问题是通过线缆或以无线方式传输模拟信息和数字信息。

现在我们沿着协议栈向上到达数据链路层，其中物理层比特序列在链路的每一端都提供设备的含义。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 了解广域网数据链路层的基本协议功能
- ▶ 描述电路交换网络与包交换网络的区别

关键知识点

- ▶ 数据链路层报头用于通过链路传输广域网帧。

数据链路层协议

OSI 数据链路层的协议是用来将信息“放入盒中”的协议，因此可以按顺序提交给更高层进行处理。考虑到这一点，这些协议通常比其上层的协议要简单。尽管由于运输层所提供的各种服务而可能在 TCP 消息中发现很多段，但数据链路层协议的功能基本上是局限于本地地址、组地址和广播地址识别的。数据链路层还可以提供基本差错处理和恢复机制（如帧重发）。另外，可以使用面向连接和无连接两种操作模式。

广域网技术及其对应协议，应用于需要从逻辑上和物理上互连的地理上分散的网络和子网。最初，相对于局域网的速度来说，广域网的网络速度很低，但是不断改进的线路技术正在显著地增加传输速率。鉴于 9600 波特和 19 200 波特的广域网以前就很普遍，在现在的广域网中 T1（1.544 Mb/s）和 T3（45 Mb/s）已经成为主流。

可靠的广域网网络

除此之外，在广域网中正在使用更新、更有效的协议。例如，帧中继（第 2 层协议）

正在取代 X.25，以利用新的通信技术的极高的可靠性。帧中继通常是通过 T1（或欧洲标准的 E1）线路运行的，它作为网络路由器之间的协议，应用越来越广泛，如 3Com、Cisco 系统和 Bay 网络等公司的路由器。

广域网通常分成如下两大类：

- ▶ 包交换——通过端结点之间建立的路径传输带有完整的地址和数据的信息包。每个包到达目的设备所采取的路径可能不同。
- ▶ 电路交换——类似于电话呼叫，建立电路之后就不需要进一步的连接协议了。进行会话时只有极少的寻址开销。由于在多点网络中可能有多个站点，因此还需要一定数量的寻址信息。

由于没有建立连接，包交换网络是无连接的。而信息包从一个结点传送到另一个结点，一个包在到达其目的结点之前可能要经过很多结点，同样的两个结点之间可以同时传送很多包。IP 是包交换网络的一个例子。图 4.1 给出了包交换网络的配置。

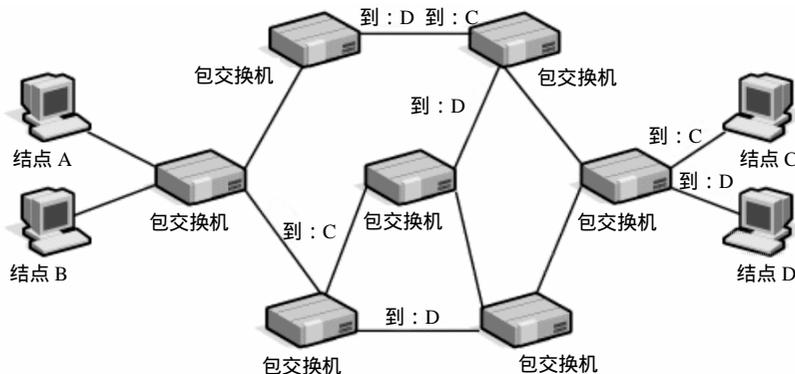


图 4.1 包交换网络

注意，包交换网络仍然需要数据链路层协议和物理层协议在连接到链路的设备之间传输信息。底层协议可以是无连接的，也可以是面向连接的。

电路交换网络在两个结点之间建立物理连接，通过其他结点或主机等中间点“交换”，数据包在结点间传输。电路交换网络类似于语音电话系统，这种连接通常称为虚拟电路。虚拟电路为数据建立了在连接过程中不会改变的单一路由，因此是面向连接的。帧中继协议和 ATM 协议是电路交换网络的例子。图 4.2 给出了电路交换网络的配置。

在早期的数据通信中，所有网络都是电路交换的，现在很多网络仍然是电路交换的。对于广域网来说，其重点最近在向包交换转移，因为它允许更多的结点在单一网络中进行互连。利用包交换，需要的通信信道更少（由于有很多用户共享信道），而且网络互连更简单。Internet 是一个很好的大型包交换网络的例子。

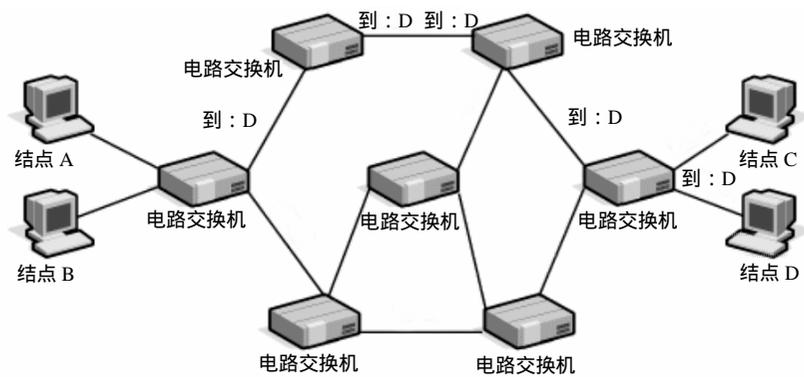


图 4.2 电路交换网络

练习

1. 数据链路层协议的基本功能是什么？
2. 描述电路交换网络与包交换网络之间的主要差别。

补充练习

1. 研究你所在的机构如何与 Internet 连接，在局域网和广域网方面使用哪种物理层协议和数据链路层协议。
2. 确定这些协议是无连接的还是面向连接的。

第二节 HDLC

高级数据链路控制（HDLC）是广域网连网中最常用的一种数据链路层协议。HDLC 及其子集提供了通过物理链路传输信息的机制。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述通过广域网链路进行基本的 HDLC 通信的方法
- ▶ 了解 HDLC 帧格式和功能

关键知识点

- ▶ HDLC 为通过物理链路传输比特流提供信息。

HDLC 操作

最常用的一个数据链路层协议是 HDLC。另外两种协议都是此协议组的子集，分别是用于 IBM SNA 远程环境的 SDLC 和用于 X.25 广域网环境的 LAPD。在 HDLC 中，定义了 3 种类型的链接站：主站、从站和组合站。HDLC 非平衡配置如图 4.3 所示，其中定

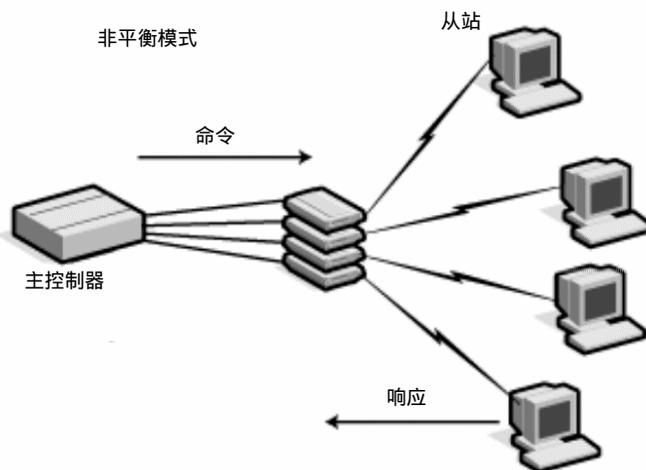


图 4.3 HDLC 非平衡配置

义了主站和从站。HDLC 平衡配置如图 4.4 所示，其中定义了组合站。

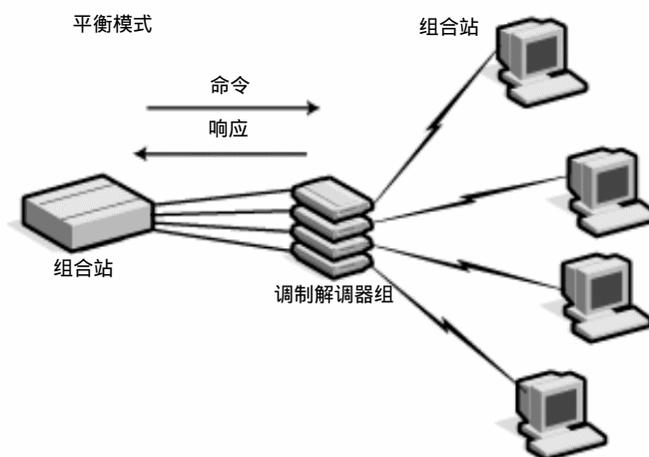


图 4.4 HDLC 平衡配置

3 种连接站如下：

- ▶ 主站——发送命令并接收响应（又叫做“主”结点）。这种配置常见于 IBM 主机中。主站可进一步描述为轮询环境。
- ▶ 从站——接收命令并发送响应（又叫做“从”结点）。例如，通过远程线路与 IBM 主机通信的从站。
- ▶ 组合站——发送或接收命令和响应。这种链接站常见于平衡配置，如 X.25 协议套中的 LAPB，其中通信都是对等的。

HDLC 协议

图 4.5 显示了 HDLC 的帧格式。通过两台通信设备之间给定的物理链路，可以用这些帧进行通信。

HDLC 帧中包括以下字段。

- ▶ 标志位——1 字节（8 位）。标志位段用于比特流同步。每帧都以这个十六进制的“7E”标志位开始。只有标志位字节才在一行中有 6 位设置。如果一个字符需要传输 6 位或更多连续位，用零位插入或“比特填充”技术确保数据字符不会与标志位字符混淆。在继续将帧向更高层传输之前，接收器删除此零位。
- ▶ 地址——1 字节或 2 字节。地址段包含从站地址（如果是非平衡配置的话）。

- ▶ 控制——1 字节或 2 字节。控制段标识帧类型(监督或信息), 并包含跟踪发送和接收的帧以进行应答和流控制的计数器。控制字段格式描述如下 :
 - 帧 ID (1 位或 2 位);
 - 0, 信息传输 (I) 帧 (站间的信息传输);
 - 10, 监督 (S) 帧 (轮询、数据应答和控制);
 - 11, 未编号 (U) 帧 (轮询、检测、站初始化和控制);
 - 监督、未编号或发送序列号 (NS) (2 位或 3 位), 根据帧的长度和用途的不同而不同 ;
 - P/F (1 位), 表示主站的轮询或从站的最后一帧。
 - 接收序列号 (NR) (3 位), 由信息帧和监督帧用来应答正确接收的帧数。对于未编号帧来说, 接收序列号是确定未编号帧用途的未编号修正函数 (UMF) 的一部分。
- ▶ 信息 (“ I ” 段) ——可变长。如果有数据, 则信息段包含数据。尽管有些应用可以传输更大的帧, 但是对于大多数 HDLC 站来说, 该段通常不大于 256 字节或 512 字节。

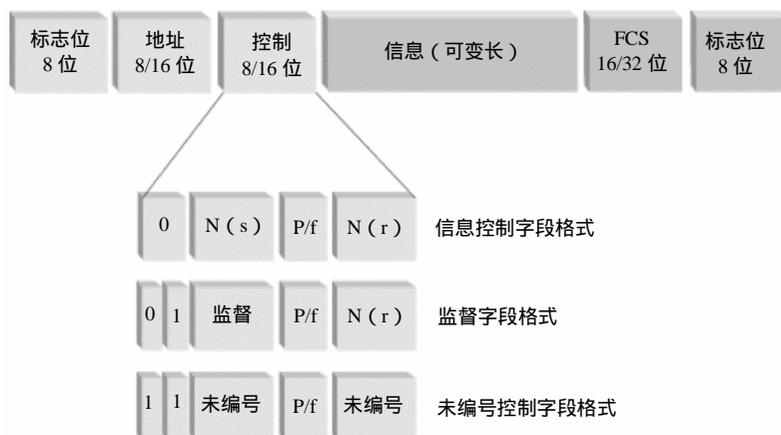


图 4.5 HDLC 帧格式

HDLC 帧尾包括 :

- ▶ 帧校验序列 (FCS) ——2 字节。FCS 段包含确保数据完整性的校验和。
- ▶ 标志位——1 字节。标志位段用来表示帧的结束, 可以开始下一个帧。

表 4.1 中给出了 HDLC 中使用的各种命令。

表 4.1 HDLC 命令

| 字段类型 | 名称 | 功能 |
|------|------|-------------------|
| 信息 | I | 交换用户数据 (来自网络层的数据) |
| 监督 | RR | 接收器就绪-肯定应答 |
| 监督 | RNR | 接收器未就绪-肯定应答 |
| 监督 | REJ | 拒绝-否定应答, 返回 N 帧 |
| 监督 | SREJ | 选择性拒绝-否定应答, 选择性转发 |
| 未编号 | DISC | 断开连接-终止连接 |
| 未编号 | DM | 断开模式-从站断开连接 |
| 未编号 | FRMR | 弃帧 |
| 未编号 | RSET | 复位 |
| 未编号 | SABM | 设置异步平衡模式 |
| 未编号 | SARM | 设置异步响应模式 |
| 未编号 | SIM | 设置初始化模式 |
| 未编号 | SNRM | 设置正常响应模式 |
| 未编号 | TEST | 测试 |
| 未编号 | UA | 未编号应答 |
| 未编号 | RIM | 请求初始化模式 |
| 未编号 | RD | 请求断开连接 |
| 未编号 | UI | 未编号信息 |
| 未编号 | UP | 未编号查询 |
| 未编号 | XID | 互换标识 |

典型的 SDLC 会话 (非平衡配置) 将使用以下命令与响应序列进行连接和传输信息:

1. 主站用未编号帧发送设置正常响应模式 (SNRM) 命令;
2. 从站返回未编号应答 (UA) 命令。
3. 主站发出一个监督帧, 初始化接收器就绪 (RR) 命令, 并将 P/F 位置为 1, 开始轮询从站信息。
4. 从站发送信息帧, 每发送一帧后就增加控制字段发送序列号 (NS); 主站用信息帧作出响应。
5. 主站发送一个监督帧, 通过 NR 设置接收帧数, 以应答最后一帧。然后主站发送未编号断开连接 (DISC) 命令帧。
6. 从站用 UA 进行响应, 有时其后还跟随一个断开模式 (DM) 帧。

图 4.6 中给出了关于命令和响应序列的描述。

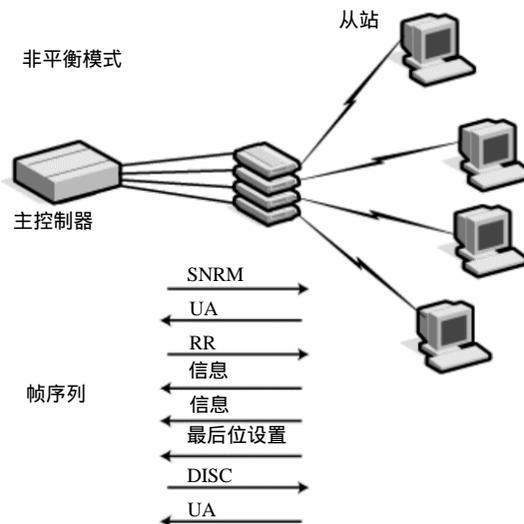


图 4.6 非平衡传输序列

练习

1. 比较 HDLC 的非平衡配置和平衡配置。
2. 列出 3 种 HDLC 帧格式。
3. 发送什么监督命令表示一个站不希望其他站给它发送信息？

补充练习

找出含有下列协议信息的 3 个网站，并对所找到的信息进行总结。

- a. HDLC
- b. SDLC
- c. LAPB
- d. LAPD

第三节 SLIP 和 PPP

串行线路网际协议 (SLIP) 和点对点协议 (PPP) 用来通过串行链路传输 IP 信息。这两种协议被广泛用于将家庭或公司用户通过 ISP 方式连接到 Internet。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述 SLIP 与 PPP 的区别
- ▶ 理解 SLIP 和 PPP 的基本概念

关键知识点

- ▶ 用 SLIP 和 PPP 通过串行链路传输 IP 包。

SLIP

SLIP 可以追溯到 20 世纪 80 年代初，它最早应用于伯克利软件分配 (BSD) 4.2 UNIX。它是一种简单的通过 RS-232 接口串行线路进行异步传输的 IP 数据报封装。图 4.7 中显示了其中一种典型连接。连接在 Internet 上的家庭或小型公司用户通常使用调制解调器通过 ISP 接入 Internet 服务。在用户计算机上，将 IP 包放入 SLIP (或 PPP) 帧，并发送给调制解调器。调制解调器通过电话网络将信息传输给 ISP 调制解调器。ISP 调制解调器连接到一台路由器，获取由用户生成的原 IP 包，并通过 Internet 将其发送到正确的目标结点。

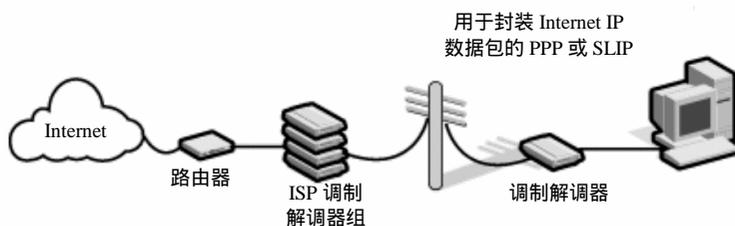


图 4.7 SLIP 接入

图 4.8 显示了如何将 IP 包 (数据报) 插入由两个十六进制的“C0”字符构成的 SLIP 帧。



图 4.8 SLIP

用到的唯一的控制符是十六进制的“C0”。这是一个限定 SLIP 帧端点的专用字符。如果“C0”是实际数据该怎么办呢？用 SLIP 字符“DB”在数据中隐藏该字符。如果数据中出现一个“C”，就将它作为一个双字节序列“DB”“DC”来传输。如果数据中出现 SLIP “Esc”字符本身，就用“DB”“DD”序列表示。

SLIP 存在的一些问题是：由于在 SLIP 协议中无法互换 IP 地址信息，每一端都要知道另一端的 IP 地址。由于没有可以用来将数据指向一个协议栈的“类型”段，如果要用它来传输 IP 数据报，只能用于将信息直接传送到特定的网络层栈。最后，在有噪声的电话线路上没有校验数据来进行差错检测，这意味着更高层要负责进行差错检测和恢复。

压缩的 SLIP

由于 SLIP 通常在速度相对较慢的串行线路上运行，并且常常用于 Telnet 等应用，因而专门指定了一个压缩版本，叫做压缩的 SLIP (CSLIP) (RFC 1144)。Telnet 是一种交互式应用，当每次只发送几个字节时效率可能极低。例如，如果只发送 TCP/IP 会话中的 3 个字符，需要传输 43 字节（每个 IP 报头和 TCP 报头都是 20 字节）。使用 CSLIP 后，40 字节的报头开销可以缩减为 3~5 字节，IP 地址、TCP 段指示器、服务类型 (TOS) 标志都不必发送，如图 4.9 所示。



图 4.9 压缩后的 SLIP

点对点协议 (PPP)

PPP 协议用于高层协议(如 TCP/IP),在用户之间建立简单的广域网连接。它代替 SLIP 并解决了 SLIP 中的一些效率问题。PPP 既支持同步(面向字符的)传输链路,也支持异步(面向比特的)传输链路。

帧内嵌有信息,以便可以直接到达正确的数据链路层上的目的地址。PPP 帧的格式类似于上面提到的 HDLC 帧结构。根据 PPP 帧携带的是数据还是控制信息,可以将它分成 3 种格式。第一种是 PPP 信息帧格式,其报头字段如图 4.10 所示。



图 4.10 PPP 信息帧

PPP 帧报头字段包括:

- ▶ 标志位——1 字节。用于同步比特流:“7E”。
- ▶ 地址——1 字节。地址段通常为“FF”。
- ▶ 控制——1 字节。控制段设置成“03”。
- ▶ 协议——2 字节。协议段包含高层寻址。此字段类似于(但并不一样)以太网类型段(Ethertype)。一些公用地址为:
 - 0021H——TCP/IP
 - 0023H——OSI
 - 0027H——数字设备公司(DEC)
 - 002BH——Novell
- ▶ 信息——可变。信息段包含可能由 IP 等网络层报头打头的的数据。
- ▶ FCS——2 字节。FCS 段用来确保数据完整。
- ▶ 标志位——1 字节。标志位段表示帧的结束,可以开始下一帧。

PPP 帧的第二种格式是链路控制帧。链路控制协议(LCP)可以用来指定特定的数据链路选择方案,例如在异步链路上要释放哪些字符。也可以通过协商,不发送标志位或地址字节,将协议段由 2 字节减少为 1 字节,以便更有效地利用线路。图 4.11 给出了一个 LCP 帧的报头。



图 4.11 PPP 链路控制帧

出于与上述相同的原因，为了在 SLIP 应用中跳过控制符“C0”，必须特别考虑通过 PPP 链路发送作为数据的标志位字节。

在同步链路中，这个操作由硬件采用零位插入技术或“比特填充”技术来实现。在异步链路中，如果一个标志位字符作为数据出现，则按照 2 字节的“7D”、“5E”序列发送。换句话说，通过发送“Esc”字符“7D”加上补足第 6 位的字符“5E”，先发送要跳过的字符。补足第 6 位的“7E”标志位字符等价于“5E”。“Esc”字符作为“7D”“5D”发送。另外，ASCII 控制符（任何小于“20”的值）都按照相同方式传输。例如，让 PC 的扬声器发出蜂鸣声的 BEL 字符用十六进制表示成“07”，可以作为 2 字节序列“7D”“27”发送（同样，第 6 位是补足的）。

PPP 帧的第三种格式是网络控制帧，它是用来协商使用报头压缩等问题的。图 4.12 给出了一个用于此目的的帧。其协议也可以用来动态地协商链路每一端的 IP 地址。



图 4.12 PPP 网络控制帧

练习

1. 对于下面的协议，找出其支持的特性：

- | | |
|----------|-------------------|
| a. PPP | ——减小 TCP 头的大小 |
| b. CSLIP | ——动态地协商 IP 地址 |
| c. SLIP | ——每次只能承载一种高层协议 |
| | ——其帧类似于 HDLC 帧 |
| | ——不提供校验和 |
| | ——既支持异步链路，也支持同步链路 |

2. PPP 的哪些特性比 SLIP 能提供更具活力的服务？

补充练习

从 Internet 上下载 RFC 1144，总结你的发现，并复习有关内容。

第四节 端到端连接

本章所阐述的概念在广域网连网中经常用到。本节的目的就是展示这些概念的应用。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 了解数据链路层协议和物理层协议如何协同工作

关键知识点

- ▶ 很多数据链路层协议和物理层协议是通过广域网传输信息所必需的。

连接到 Internet

为了展示在一个网络中使用了多少种物理层协议和数据链路层协议，并说明如何在网络中使用面向连接和无连接两种协议，我们来考虑如图 4.13 所示的 Internet 连接。

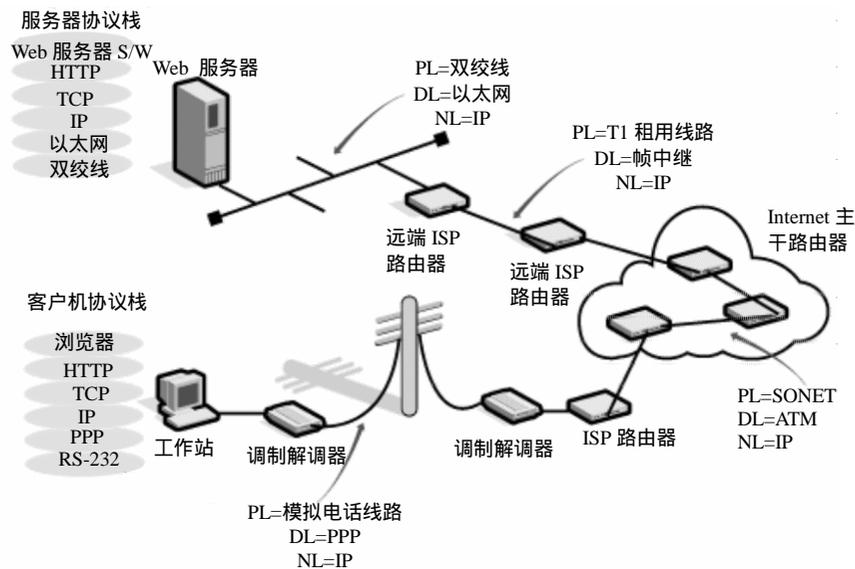


图 4.13 Internet 连接

如果一个用户正在访问一个远程 Web 站点，可能会用到图 4.13 所示的协议。在客户机工作站上，按照 Internet 方式向一台远程 Web 服务器发送 IP 包。如果要将此信息从信源（客户机）传输到信宿（服务器），可能要用到很多不同的协议。注意在网络层及其以上的层中，协议栈实质上是相同的。在更低的层中，每条链路可能需要不同的物理层和数据链路层协议，见图 4.13 中所示。

工作站首先通过一条模拟电话线路发送 IP 包。为了做到这一点，将 IP 包放入一个 PPP 帧，并传输到 ISP 的一台路由器。路由器收到 IP 包后，将其封装在另一个数据链路层协议（如 ATM）之中。在本例中，ATM 在物理层用光纤技术（SONET）通过光纤链路传输信息。

信息（IP 包）通过 Internet 主干网进行路由，直到它到达远端的 ISP，Web 服务器在那里接入到 Internet。在本例中，目的网络利用数据链路层的帧中继和物理层的 T1 连接到 Internet。IP 包通过帧中继链路到达连接在 Web 服务器所属的局域网中的一台路由器。

这个网络是一个使用双绞线的以太网网络。路由器收到 IP 包后，将其放入以太网帧，并发送到 Web 服务器。Web 服务器会处理 IP 包、TCP 消息和 HTTP Web 页请求等，并作出应答。

练习

画一张网络图，显示两个局域网是如何使用 HDLC 协议通过卫星网络连接到一起的，并显示客户机协议栈、服务器协议栈、广域网数据链路协议和物理层协议等。

补充练习

查找有关本节涉及的主题的其他信息。从 RFC 和供应商白皮书中找出进一步描述下面这些协议的技术细节的信息：

- a . PPP
- b . SLIP
- c . CSLIP

本章小结

信息是利用不同类型的物理层协议和数据链路层协议在广域网中传输的。本章学习了广域网中的一些常用协议。HDLC 和 HDLC 子集（如 SDLC、LAPB 和 LAPD 等）用来通过物理层服务，从一台物理设备向另一台物理设备发送信息。

一些数据链路层协议是面向连接的，而另外一些是无连接的。例如，以太网是无连接局域网协议，而帧中继是面向连接的广域网协议。无连接的协议和面向连接的协议可用在网络的不同部分，但单一 Web 页请求可以通过由两者共同构成的网络进行传输。

小测验

1. 包交换网络和电路交换网络之间最主要的区别是：
 - a. 电路交换网络是点对点连接
 - b. 包交换网络处理数据包，而电路交换网络处理线路
 - c. 数据包通过包交换网络传输的路径一般是相同的，而数据包通过电路交换网络的路径从来都不一样
 - d. 数据包通过包交换网络的路径可以是不同的，而对于会话长度来说，通过电路交换网络的路径总是相同的
2. 物理层协议的目的是：
 - a. 将信息传送到正确进程
 - b. 将数据包传输到终端结点
 - c. 将帧传送到下一个结点
 - d. 通过物理链路传输比特流
3. 数据链路层协议的目的是：
 - a. 将信息传送到正确的进程
 - b. 将数据包传送到终端结点
 - c. 将帧传送到下一个结点
 - d. 通过物理链路传输比特流
4. 当信息在网络中从信源传输到信宿时，物理层保持不变。判断对错。
5. 当信息在网络中从信源传输到信宿时，数据链路层保持不变。判断对错。

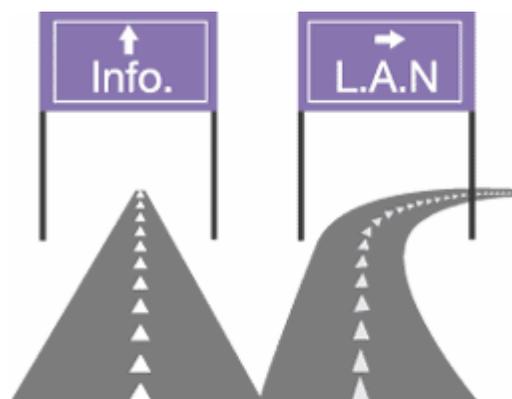
6. SDLC 是 HDLC 协议的子集。判断对错。
7. 在通信比特流中,用“Esc”字符来提供数据的透明度。判断对错。
8. SLIP 是比 PPP 更有效的协议。判断对错。
9. “无连接”这个术语只适用于 OSI 模型的第 2 层和第 3 层。判断对错。



第五章

高层广域网协议

- 1 ISDN 概念
- 2 ISDN 协议
- 3 ISDN 的实现
- 4 帧中继概念
- 5 帧中继协议
- 6 帧中继的实现
- 7 X.25



概 述

广域网通信系统一般基于公用的面向连接的服务。无连接服务（如 IP）不需要为通信会话建立路径。许多数据网络都是这样的：数据包在任何时间通过任何可用的路径从一端传到另一端。在连接的另一端，数据包经过重组，以恢复原始信息。数据包可以通过各种不同的路由而在不同的时间到达，这并不表示其他应用（如语音传输）可以容许这样的时间延迟。当运营商网络的核心主干网速度提高的时候，延迟就不再是问题了。

在广域网连网中，网络到网络之间传输信息的趋势是：在数据链路层是面向连接的服务，在网络层是无连接的服务。本章将介绍通常用来在广域范围内传输信息的面向连接的交换服务。这些服务包括 ISDN、帧中继和 X.25 等。

术语

Backward Explicit Congestion Notification (BECN) 后向显式拥塞通告

BECN 是帧中继帧格式中由帧中继设备设置的位，该位用来表示在所发送帧相反方向的通信流可能发生过拥塞。

Bursty 突发

突发是一种网络流量模式，以随机时间间隔突然发送大量数据。

Committed Burst Size (CBS) 承诺最大信息帧长度

CBS 是指在一段时间间隔内电路所能传输的比特数。

Committed Information Rate (CIR) 承诺信息速率

CIR 是对帧中继服务所承诺的平均数据传输速率。

Common Channel Signaling (CCS) 公用信道信令

数字电信系统需要一种建立并保持呼叫的方法。CCS 为控制信令提供了一个单独的通信信道，消除了语音信道中与控制信令有关的问题，从而成为设备之间承载信令信息的主流方法。

Customer Premises Equipment (CPE) 用户前端设备

CPE 也可以表示用户自备设备，它是指用户端的电话设备。

Customer-Provided Equipment (CPE) 用户自备设备

见“Customer Premises Equipment (CPE)”。

Data Link Connection Identifier (DLCI) 数据链路连接标识符

DLCI 是帧中继帧的一部分，用来标识一帧的虚电路。它是一个 10 位的地址，前 6 位来自帧中继报头的第一个 8 字节的前 6 位，后 4 位来自帧中继报头的第二个 8 字节的前 4 位。DLCI 标识了用户和网络之间的逻辑信道，但不能涵盖整个网络。

Dial-on-Demand Routing (DDR) 按需拨号路由

DDR 是用于电路交换链路的一种技术，它允许路由器只有当信息在路由器接口时开始连接，信息传输结束后路由器断开连接。

Discard Eligibility (DE) bit 可丢弃位

DE 位用来为帧中继设备提示：在发生拥塞时，同其他没有设置 DE 位的帧相比，该帧可以被丢弃。

Dumb Terminal 哑终端

哑终端通常没有处理器、硬驱或软驱，它们只有键盘、监视器和与主机进行通信的方法。总的来说，哑终端只能依靠主机的处理能力。

Excess Burst Size (EBS) 超出最大信息帧长度

EBS 是帧中继网络在给定的时间间隔内能传输的超出 CBS 的最大未承诺数据量（以位为单位）。该数据通常是以较低的概率传输，作为可丢弃帧处理。

Excess Information Rate (EIR) 额外信息速率

帧中继 EIR 是在 CIR 之上的数据速率。超出 CIR 的数据由运营商尽力传输，被认为是可丢弃的。

Forward Explicit Congestion Notification (FECN) 前向显式拥塞通告

FECN 是帧中继设备在所发送帧中设置的位，用来告知接收设备该帧在从源结点到目的结点的途中发生过拥塞。

Frame Relay Access Device (FRAD) 帧中继接入设备

FRAD 是一种提供帧中继网络接入的设备，如交换机或路由器。

Integrated Digital Network (IDN) 综合数字网

IDN 是一种将数字传输与数字交换集成在一起的网络，如 ISDN。

Integrated Services Digital Network (ISDN) 综合业务数字网

ISDN 是一种能同时在单一本地环路上传输语音、数据和其他通信业务的数字多路复用技术。ISDN 提供以下服务：

- ▶ 通过本地环路访问电话网络。
- ▶ 访问适合于各种用途（如语音、数据和视频）的通信信道。这种访问可以通过本地环路连接到网络上。ISDN 服务提供商负责对各种不同的远程传输信道进行多路复用。
- ▶ “按需”建立任何类型的通信链路，根据使用情况来收费。

ISDN-BRI 综合业务数字网-基速率接口

ISDN-BRI 提供 2 路 64 kb/s 的承载信道（B 信道）和 1 路 16 kb/s 的控制信道（D 信道）。

ISDN-PRI 综合业务数字网-主速率接口

ISDN-PRI 也称为“T1 服务”，提供 23 路 64 kb/s 的承载信道（B 信道）和 1 路 64 kb/s 的控制信道（D 信道）。

International Telecommunication Union (ITU) 国际电信联盟

ITU 电信标准化部（ITU-T）是 ITU 中建立公用电信网络标准的部门。

ITU-T I.430

ITU-T I.430 是 ITU 为 ISDN-BRI S/T 接口建立的第一层规范。每一 BRI 帧 48 位长，每秒重复 4000 次，这样总的比特速率为 192 kb/s。

ITU-T I.431

ITU-T I.431 是 ITU 为 ISDN-PRI 建立的第一层规范，速率为 1.544 Mb/s（北美）或 2.048 Mb/s（欧洲）。

ITU I.451

ITU I.451 是为 UNI 在网络层的基本呼叫控制建立的 ISDN 规范。见 ITU Q.931。

ITU Q.920

ITU Q.920 是为 UNI 在数据链路层的通用业务建立的 ISDN 规范。见 ITU Q.921。

ITU Q.921

ITU Q.921 是为 UNI 在数据链路层建立的 ISDN 规范。见 ITU Q.920。

ITU Q.930

ITU Q.930 是为 UNI 在网络层通用业务建立的 ISDN 规范。见 ITU Q.931。

ITU Q.931

ITU Q.931 是为 UNI 在网络层基本呼叫控制建立的 ISDN 规范。见 ITU Q.930。

Network Termination Type 1 (NT1) 网络终端类型 1

NT1 支持多信道，并把这些信道多路复用到 ISDN 本地环路上。它运行于 OSI 的第 1 层。

Network Termination Type 2 (NT2) 网络终端类型 2

NT2 是一个运行于网络层 (OSI 第 3 层) 的智能设备。通常存在于 PBX 或交换机内。

Network Termination Type 12 (NT12) 网络终端类型 12

这种网络终端设备将 NT1 和 NT2 的功能合并成一个单一的组。

Network-to-Network Interface (NNI) 网络网络接口

NNI 是两个公用帧中继服务之间的连接，用来监视帧中继网络的状态。NNI 也是 ATM 网络接口。

Packet Assembler/Disassembler (PAD) 包装拆器

PAD 是一种 X.25 网络设备，它从终端或主机接收字符，并将它们“组装”为便于在网络中传输的包。然后，接收端从传输到目的终端或主机的数据包中提取字符。

Packet Layer Protocol (PLP) 分组层协议

分组层协议(PLP)是一个 OSI 模型第 3 层协议,用来管理 X.25 网络中 DCE 与 DTE 之间的连接。

Protocol Data Unit (PDU) 协议数据单元

协议数据单元(PDU)是由开放系统参考模型的特定层创建的数据报。PDU 用来在本地进程与远端进程之间提供端到端的通信。

Signalling System 7 (SS7) 7 号信令系统

7 号信令系统 (SS7) 是 ITU 定义的电信协议,作为 PSTN 数据流量拥塞卸载到无线或有线数字宽带网络的一种方法。SS7 的特点是高速包交换和带外信令。带外信令并不发生在与数据传送相同的信道上,而是产生一个独立的数字信道,称为网络单元之间交换信息的“信令链路”。SS7 体系结构的建立,使得不仅直接连接的交换机之间可交换信令,而且任何结点都能与具有 SS7 能力的任一其他结点交换信令。

Spoofing 哄骗

哄骗是指路由器对本地主机作出响应,通过链接到远程主机的广域网代为发送信息,使本地主机以为该响应来自远程主机或远程网络。

Statistical Time-Division Multiplexing (STDM) 统计时分复用

统计时分复用 (STDM) 是时分复用 (TDM) 的一种更灵活的方法。TDM 给每个信道都分配固定数量的时隙,而不管该信道是否有数据要发送。与此不同,STDM 的多路复用器 (MUX) 对传输模式进行分析,以预测一个信道流量中的间隙,这个间隙可用另一个信道的部分流量来临时填充。

Terminal Adapter (TA) 终端适配器

TA 是非 ISDN TE2 与 ISDN 网络间的硬件接口。

Terminal Equipment Type 1 (TE1) 终端设备类型 1

TE1 是提供 4 线、双绞线、本地 ISDN 数字接口的 ISDN 设备。

Terminal Equipment Type 2 (TE2) 终端设备类型 2

TE2 是连接到 ISDN 网络但不理解 ISDN 协议的设备。TE2 需要有 TA 才能连接到 ISDN 网络。

User-Network Interface (UNI) 用户网络接口

用户网络接口 (UNI) 定义了用户设备 (如 FRAD) 与帧中继网络之间的接口规程和协议。UNI 同时也定义了 ATM 网络设备与 ATM 网络之间的接口。

X.3

X.3 是用来描述公用包交换网络中 X.25 PAD 操作的 ITU 建议。X.3 定义了通过异步终端操作控制 PAD 的参数。

X.21

ITU X.21 定义了通过公用数据网络进行异步操作时 DTE 和 DCE 之间的接口。X.21 仅用于链路建立和连接控制。

X.21bis

X.21bis 是关于 V 系列调制解调器串行接口的 CCITT 建议。

X.28

ITU X.28 定义了终端到 PAD 的接口, 用于 DTE 设备访问公用交换网络的 PAD 设施。

X.29

ITU X.29 是用于 PAD 与包模式 DTE (或另一个 PAD) 之间联络和用户数据传送的规程。

X.75

X.75 是链接 X.25 网络的国际标准和 ITU-T 建议。X.75 定义了公用网络与终端之间的连接, 以及在公用网络与公用网络之间传送数据时使用的转换控制协议。

X.121

ITU X.121 用于包模式数据设备编号系统的建议。X.25 采用的是 X.121 协议。

第一节 ISDN 概念

讨论过物理层广域网协议和数据链路层协议之后，我们开始关注将信息在交换网络上传输的协议。下面首先讨论 ISDN，是由于它的应用范围非常广泛，并提供了一个理解其他集成多种服务的广域网产品的框架。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述 ISDN 协议和服务
- ▶ 列出 ISDN-BRI 与 ISDN-PRI 之间的区别

关键知识点

- ▶ ISDN 提供了对多种用户服务的传输。

综合数字网络 (IDN)

由于模拟传输组件和交换组件已经被高级的数字组件所取代，因此需要一套新的协议，以充分发挥数字传输组件的潜能。ISDN 为这些组件与协议的开发提供了一个框架。

我们已经了解到电话公司如何完成语音网络从模拟向数字的转换，也已经了解到他们是如何使数据通信能够直接访问综合数字网络 (IDN) 的。在北美，他们先是提供 DDS，后来提供 T-Carrier 服务；在别的地区，他们也提供相应的服务。我们已经看到了这些服务的局限性。ISDN 代表了从面向语音的 IDN 向提供多功能用途（语音、数据、视频、传真和其他各种形式的电子通信）的网络的一种逻辑转移。图 5.1 显示了 ISDN 可以传输的服务。

ISDN 有两个主要特征：

- ▶ 是一种捆绑式的服务，该服务通过世界各地的交换电话网提供语音、数据及其他通信方式的传输。
- ▶ 是一组协议，定义了到网络的标准接口，它使许多供应商都可以提供硬件和软件，以利用协议所提供的服务。

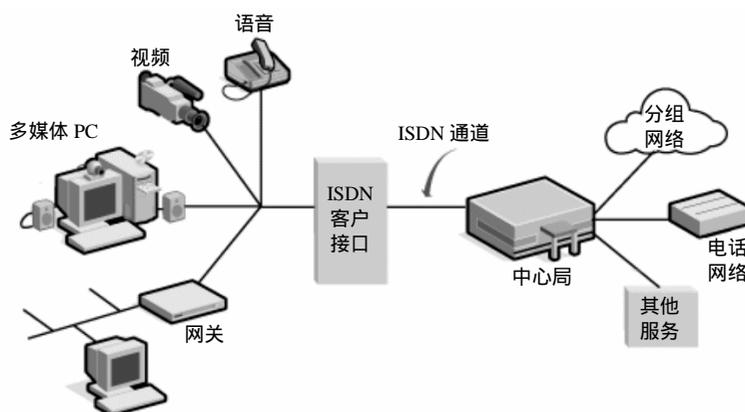


图 5.1 ISDN 网络

ISDN 服务

我们可以像订阅语音服务一样订阅 ISDN。当然，此时端局必须提供 ISDN。ISDN 的普及是一个渐进的过程，因此现在仅有一部分端局可以提供 ISDN。

公用交换网络已经开始采用 SS7 信令协议提供的 CCS（公用信道信令），SS7 是用于电信主干网络的国际通用的高速、包交换协议。ISDN 利用了该性能，其所有信令都是频带外的，即 CCS。

ISDN 提供了对数字信道的访问。用户可以使用的信道有 3 类，如表 5.1 所示：

表 5.1 ISDN 访问

| 信 道 | 速率/(kb/s) | 应 用 | |
|-----|-------------|-----------------|------|
| D | 16 | 控制信令 | |
| B | 64 | 数据，语音，传真，低速扫描视频 | |
| H | H0 | 384 | 主干网络 |
| | H1 | 1 536 | 实时视频 |
| | H2 | 1 920 | 多路复用 |

- D 信道——信道速率为 16 kb/s。这是为 CCS 提供的，也可以用于数据。每个 D 信道与 1 个或多个其他类型的信道结合使用。例如，它可用于告诉电话公司其他的信道将连到哪一个 ISDN 用户。CCS 免除了要区分信号与数据的问题。它通过使用一条信道为其他的数据通道发送信令来节省带宽。D 信道也可用来传输一些

要求比特速率较低的数据。

- ▶ B 信道——信道速率为 64kb/s，用于数据、语音、传真、低速扫描视频等。低速扫描视频指的是图片之间不需要平滑过渡的视频应用，如传输演示幻灯片。
- ▶ H 信道——信道速率为 384kb/s (H0)、1536kb/s (H1) 或 1920kb/s (H2)，用于主干网络及实时视频等大带宽应用。用户可以用与 T-Carrier 信道相同的方式来对它们进行多路复用。

这些访问速率通常是指窄带 ISDN 速率。宽带 ISDN 是运行速率为 154 Mb/s 及更高的 ISDN。值得注意的是，ISDN 信道的基本构建块为数字信号 0 级 (DS-0)：B 信道=1×DS-0，H0 信道=6×DS-0，H1=24×DS-0，H2=30×DS-0。D 信道用于控制，通常不承载数据。

根据需要，ISDN 提供了两种可供选择的基本服务。当然，就像需要不仅一条电话线路一样，也会需要不仅一种服务。基本的服务包括：

- ▶ 基速率服务——这种服务提供 1 个 D 信道和 2 个 B 信道，有时被称为“2B+D”。虽然这种服务提供了 144 kb/s 的可用带宽，但组帧、同步及其他开销使基速率服务的总比特速率下降到了 128 kb/s。
- ▶ 主速率服务——这种服务的带宽介于北美的 T1 (1.544 Mb/s) 与其他地区 (包括日本) 的 E1 (2.048 Mb/s) 之间。它包括 1 个可选的 D 信道、若干个 B 信道和 H 信道，它们组合时不超过包括必要开销在内的允许带宽。

选择了所需的服务后，可以通过以下几种方式建立信道的连接：

- ▶ 半永久式——由优先级安排建立，ISDN 相当于专线。
- ▶ 电路交换——这与现今公用交换网络上使用调制解调器与另一用户建立连接相似。一个重要区别在于电路交换用 D 信道来传输建立和终止呼叫所需的控制信息。
- ▶ 包交换——这是指 X.25 包交换。利用软件可以像访问一般的 X.25 网络那样访问 ISDN X.25 网络。

ISDN 也提供了一些以前的数据通信用户不能获得的服务，其中许多服务与向语音网络用户提供的服务类似。例如，ISDN 可提供入局呼叫、块入局呼叫等的用户数量，可向另一 ISDN 用户发送呼叫以及连接多个 ISDN 用户 (如会议呼叫) 等。

练习

1. 描述基速率服务与主速率服务。
2. 讨论 ISDN 的功能。你是否认为 ISDN 作为一种服务将在很长一段时期内适用？

3. 讨论“综合业务”的概念。它现在的含义和最初的含义有什么不同？
4. 列出并讨论使用 ISDN 的 3 类信道。

补充练习

1. 浏览下列网址，查找 ISDN 信息。
 - a. ISDN 指南：<http://public.pacbell.net/ISDN/connect.html>
 - b. ISDN 信息和网络链接：http://web.cerf.net/dank/isdn/isdn_ai.html
2. 调查 ISDN 是否应用于你所在的地区，并考查其服务的速率。

第二节 ISDN 协议

本节学习通过 ISDN 网络获取信息的协议层。人们开发了一系列标准，用以描述通过可交换的 ISDN 网络传输信息的协议和功能。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 说出 ISDN 协议层的名称
- ▶ 理解 ISDN 协议栈各层的功能
- ▶ 描述将设备与 ISDN 网络进行接口的不同方法

关键知识点

- ▶ ISDN 协议可以传输多种类型的服务。

ISDN 协议

ISDN 是由 ITU-T 制定的一组标准所定义的。图 5.2 列出了这些标准。这些标准称为 I 系列推荐标准，分为 6 个部分，共 75 个标准。这 6 个部分包括 ISDN 一般结构、服务能力、网络总体概貌和功能、ISDN 用户-网络接口、网际接口和网络维护原则。详细描述这些标准显然超出了本书的范围，但是本书会讨论 ISDN 用户网络界面的关键特征和已经采用的一些重要的通信协议。



图 5.2 ISDN 协议

由于 ISDN 使用 CCS (在 D 信道上)，因此有两组协议：一组用于 CCS，另一组用于数据（分别是 B 信道和 H 信道）。这些层及其相关协议介绍如下：

- ▶ 物理层——ITU-T I.430 (B 信道) 与 ITU-T I.431 (H 信道) 定义了至 ISDN 设备的物理接口, 如电缆和电信号等;
- ▶ 数据链路层——基于 HDLC, D 信道链路访问过程 (LAPD) 与均衡链路访问过程 (LAPB) 规范了 ISDN 帧格式;
- ▶ 网络层——ITU-T I.451 用于 SS7 交换, X.25 用于包交换数据, 以建立设备间的逻辑连接。

ITU-T 将 ISDN 协议进行如下分组:

- ▶ E 系列——E 系列协议定义了 ISDN 的公用交换电话网 (PSTN) 标准, 如 ITU-T 国际电信编号标准 E.164。
- ▶ I 系列——I 系列协议阐述了概念、术语和一般方法, 其中 I.430 用于 ISDN-BRI 物理层规范, I.431 用于 ISDN-PRI 物理层规范
- ▶ Q 系列——Q 系列协议阐述了交换和信令如何操作。Q.920 和 Q.921 描述了数据链路层的用户网络接口 (UNI), 而 Q.930 和 Q.931 描述了 ISDN 第三层信令标准。Q.931 也称为 I.451。

到 ISDN 的物理连接

物理层标准描述了将物理层 (OSI 第 1 层) 连接到 ISDN 的协议, 这些标准规定了分别应用于基本服务界面和主要服务界面的复用帧格式。此外, 物理层协议还定义了类似于过去连接电话听筒的连接器 RJ-45。连接 DTE 到 ISDN 的电缆有 8 根。

数据链路层呼叫建立, LAPD

D 信道链路访问过程 (LAPD) 定义了用于信道 D 上、用于与电话公司的 SS7 网络进行接口的协议, 以实现呼叫建立和其他信令功能。图 5.3 描述了 LAPD 的帧格式。它



标志: 1 字节, 帧的开始, 前一帧的结束

地址: 2 字节, 逻辑地址

控制: 1 或 2 字节, 识别帧, 用做监督、信息或未编号字节

FCS: 2 字节, 帧校验序列, 用于纠错

标志: 1 字节, 帧的结束

图 5.3 LAPD 帧格式

是 ISDN 的数据链路帧格式，是由 LAPB 派生出来的。LAPB 是 X.25 使用的链路层协议。

网络层呼叫控制，I.451

I.451 定义了一个用来控制交换和其他 SS7 信令的高级协议。

网络层包交换，X.25

ISDN 定义了 X.25，以它作为网络层包交换的协议。

ISDN 用户前端设备

ISDN 定义了一系列术语来描述在用户前端使用的各种不同的设备。这些术语通过定义设备，还进一步定义了到 ISDN 的接口。图 5.4 给出了所用到的各种不同的设备。

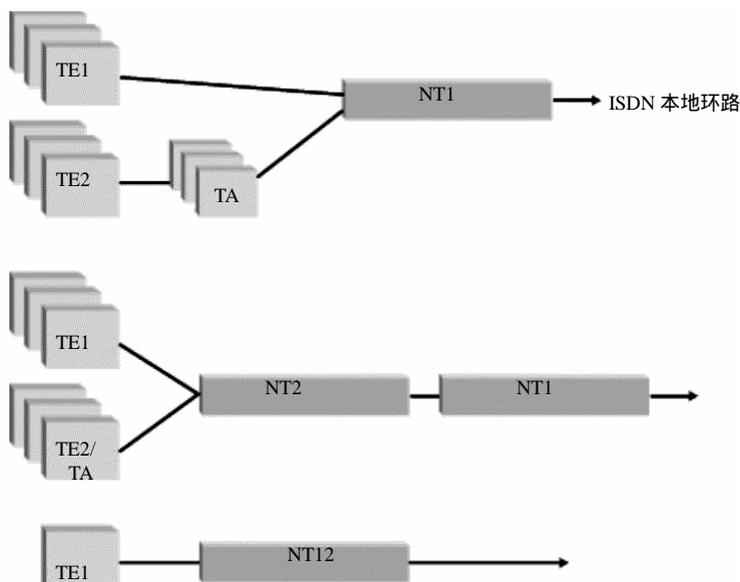


图 5.4 ISDN 连接

下面的术语描述了 ISDN 的各种用户前端设备 (CPE)：

- ▶ 终端设备类型 1 (TE1) ——是指支持 I.430 ISDN 帧协议的 DTE。TE1 包括计算机和电话。
- ▶ 终端设备类型 2 (TE2) ——如果一个 DTE 不是 TE1，那么它就是 TE2，它需要

通过终端适配器连接到 ISDN。

- ▶ 终端适配器 (TA) ——用于将一个 TE2 连接到一个 NT1 或 NT2。
- ▶ NT1——这种设备可以终止用户前端的一个 ISDN 本地环路，并连接 TE1 或 TE2 (后者通过 TA)。NT1 支持多信道，并把这些信道多路复用到 ISDN 本地环路上。它运行于 OSI 的第 1 层。
- ▶ NT2——是一个运行于网络层 (OSI 第 3 层) 的智能设备。NT2 通过 NT1 连接到 ISDN 本地环路，可以实现 TE1/TE2 的交换和多路复用。
- ▶ NT12——这种网络终端设备将 NT1 和 NT2 的功能合并成一个单一的组。

图 5.5 显示了如何使用 TA 将电话和个人计算机 (PC) 连接到 ISDN 网络上。如果语音会话不是激活的，那么 PC 可以用全部 128 kb/s 的带宽传输信息。当电话呼叫被激活之后，128kb/s 的带宽就由数据传输和语音传输共同分享。

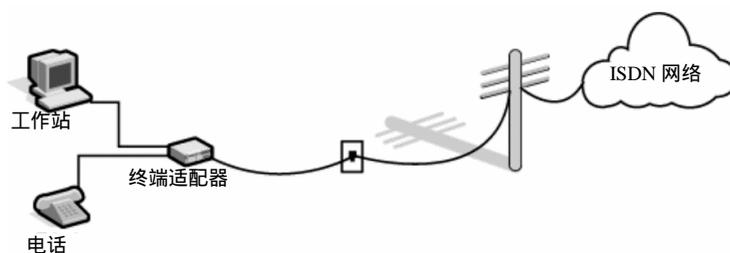


图 5.5 典型 ISDN 连接

ISDN 参考点

基速率接口 (BRI) 和主速率接口 (PRI) 是众多 ISDN 规范接口中的两种。作为“用户至网络”的接口，BRI 和 PRI 指的是用户数据进入 ISDN 网络的点。它们通过标准出口将用户前端设备 (如 PBX 或电话) 连接至网络。

ISDN 规范定义了其他几个接口参考点，它们是网络实体之间概念上和一般物理上的连接。这些参考点提供了一个便捷方式来讨论 ISDN 网络上的各点或确定位置。这些参考点如图 5.6 所示，主要包括：

- ▶ R——位于非 ISDN 设备与终端适配卡 (TA) 之间的参考点；
- ▶ S——位于 NT2 与 TE1 之间 (或 NT2 与 TA 之间) 的参考点；
- ▶ T——位于 NT1 与 NT2 之间的参考点；
- ▶ U——位于 NT1 设备与 CO 之间的参考点 (在北美，“U”表示本地环路)；

- V——本地环路的通信公司端与交换设备之间的参考点。

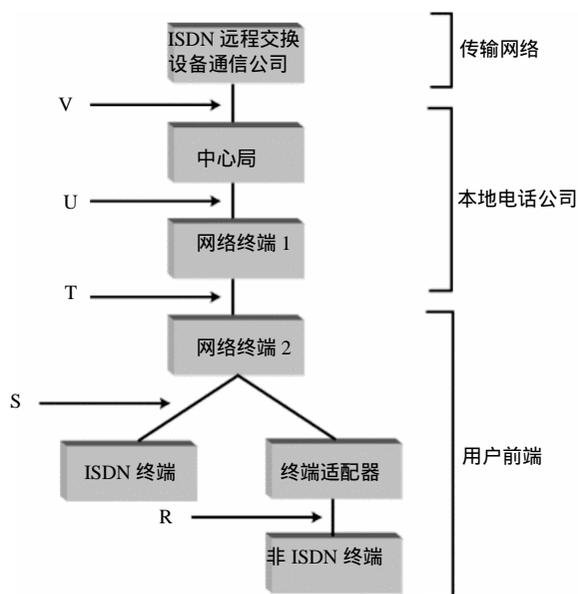


图 5.6 ISDN 参考点

练习

1. 描述 ISDN 的协议层。
2. 第 2 层 LAPD 的功能是什么？
3. 解释下列 ISDN CPE：
 - a. TE1, TE2
 - b. TA
 - c. NT1, NT2
 - d. NT12
4. 讨论图 5.4 和 CPE 与图 5.6 的关系。

补充练习

1. 使用 Web，研究本节列举的每个 CPE 的现有产品。描述每个产品的功能。
2. 从本地服务运营商那里了解家庭或单位要获得 ISDN 服务需要做些什么。

第三节 ISDN 的实现

ISDN 应用范围很广。本节介绍几种用 ISDN 将不同种类的服务进行连网的方法。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述如何将 PC 和电话机连接到 ISDN 网络上
- ▶ 理解如何用 ISDN 提供远程网络连接和冗余

关键知识点

- ▶ 在计算机网络中，ISDN 既可以用做主要路由，又可以用做备用路由。

ISDN 应用

数字信号的质量、可靠性、灵活性和快速呼叫建立的特性，使得 ISDN 成为一种数据网络应用中的先进技术。这些应用包括：

- ▶ 基本网络连接；
- ▶ 远程局间的网络互连；
- ▶ 按需拨号远程连网；
- ▶ 网络冗余和溢出。

基本网络连接

ISDN 经常用来作为家庭和小型公司的基本连接，其中典型的情况是通过公用交换网络将基于局域网的计算机和电话线连接到其他的网络上，如图 5.7 所示。

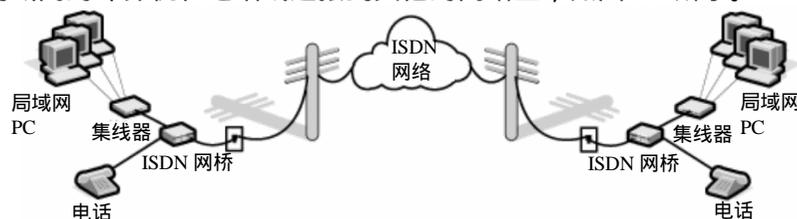


图 5.7 ISDN 基本连接

远程局间的网络互连

在这种配置中，用户经过模拟电话线路、56kb/s 交换链路或 ISDN BRI，从家里或者其他地方远程访问服务器发出连接至企业网主机的呼叫请求。远程服务器使得远程用户能够像本地局域网用户那样，享有所有的服务及特权。图 5.8 显示了这个概念。

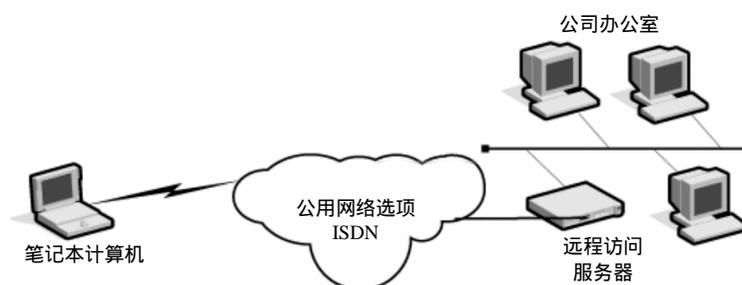


图 5.8 远程局间连接

假设模拟电话线路及双方的调制解调器工作速率为 28.8 kb/s，要发送 5 MB 的文件，则不同传输方式的传输速率如表 5.2 所示。

表 5.2 不同传输方式下的传输速率

| 传输方式 | 传输速率/(kb/s) | 花费时间/min |
|-------------|-------------|----------|
| Modem | 28.8 | 2.90 |
| Switched-56 | 56 | 1.48 |
| ISDN | 128 | 0.65 |

远程局网络为那些需要经常出差、在家中工作或者需要在下班后访问办公室的公司职员开辟了通信的新途径。在中心站点，互连网络设备接收来自各地的通过拨号线路发出的入局数据呼叫，并通过登录规程提供对呼叫方的安全鉴定与认证，并在公司网络上发送这些呼叫。

另外，越来越多的中、小型远程局也开始连接到主干线，以便访问、存取集中式信息或者交换电子邮件。这些远程站点用户数量较少，通常并不保证他们有到中心站点的租用专线。远程局的用户可能有一个本地局域网，可以共享打印机、传真机和应用程序服务器等资源。更小一些的远程局可能仅为个别用户提供访问公司网络资源的拨号服务。在两种情况中，不管是交换电子邮件，还是从中心计算机中检索信息，均至少需要一个暂时的广

域网连接。ISDN 和其他的交换服务都很适合远程配置，这是因为它们仅在需要传输信息时才提供电话线路。并且，有些互连网络设施有智能功能，能将连接安排在通话优惠的时段内进行，进一步节约了开销。

按需拨号远程连网

需要访问公司局域网的远程用户，通过由本地局域网站点提供的网络链路到达该公司局域网可能会更经济一些。例如，为了节约远程访问费用，出差人员可以拨号进入本地局域网，并通过该网络向最终目的端发送信息，该目的端可能位于其他地方甚至另外一个国家。本地局域网与目的局域网间的连接可以是租用专线，也可以是拨号方式，这要取决于这两个局域网之间的通信模式。在拨号方式下，本地局域网可以随时对连接进行初始化，并集合多条线路，以提供适当水平的服务。

通过 ISDN 快速呼叫建立特性，客户可以在一独立的会话期间随时拨号到局域网进行远程访问。当客户端不需要与目的局域网进行通信时，可以断开一个 ISDN 广域网链路，这个断开操作对正在运行的应用程序是透明的，如此节约了拨号费用。通过一个公认的“欺骗”进程，应用程序仍在继续运行，看起来好像它与局域网的逻辑链路仍然存在。然后，当需要与局域网通信时，客户端可自动重新建立一个拨号会话，在广域网上传送数据通信流。

网络冗余和溢出

任务紧急的应用程序具有很高的可靠性与有效性需求，这使得容错性能成为网络设计中的一个重要准则。冗余通常是实现容错的首选方式。例如，很多公司使用租用线路作为广域网主连接，以确保能连续获得一条数据通路，同时又租用另外一条线路作为备份。然而，这种方案实现起来非常昂贵，这是由于备份线路仅在主线路失灵或者出现故障的情况下才使用，而无论其是否真正使用，公司都要为该冗余线路交付每月的租金。

拨号连接（比如一条 ISDN BRI 线路）是较为合理的主线路备份解决方案。如图 5.9 所示，当主线路失灵或者出现故障时，拨号线路由中心互连网络设备自动激活，在该过程中，不会出现明显的网络服务降级。若主线路是运行于 T1 或 E1 速率的高速信道，则几个较低速率的拨号线路可以聚集起来，实现同等的高带宽容量。

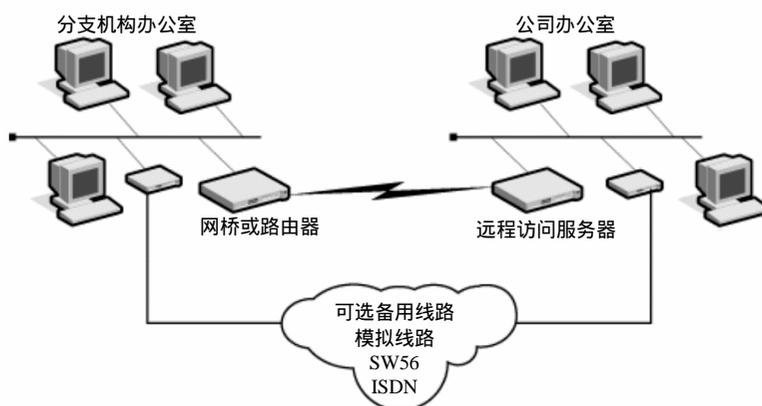


图 5.9 网络冗余

当数据负载增加时，ISDN 也可以用来传送溢出的数据流。当主线路达到最大容量时，网桥或路由器可以检测到带宽瓶颈，实时拨通 1 条或者多条 ISDN 电路，通过 B 信道来路由溢出的通信流量。

练习

1. 填写下表中的估计传输时间。

| 文件大小 | 传输方式 | 估计传输时间 |
|------|------------------------|--------|
| 2 MB | 1 条 ISDN 信道 (64 kb/s) | |
| 2 MB | 2 条 ISDN 信道 (128 kb/s) | |
| 2 MB | 28.8 kb/s 调制解调器 | |
| 2 MB | 56 kb/s 电路 | |
| 2 MB | 全 T1 (1.544 Mb/s) | |

2. 画出将 3 台 PC 和 2 部电话连接到 ISDN 网络的框图。

3. 画出远程网络互连以及网络冗余的示意图。

补充练习

使用 Web，研究包含用于广域网连接的 ISDN 接口的产品。找出至少 3 种不同的使用 ISDN 的路由器。画图表示如何用这些产品来连接两个局域网。

第四节 帧中继概念

为了通过广域网提供帧中继服务，要采用帧中继来与 ISDN 接口匹配。帧中继标准定义了企业网络与包交换网络之间的接口。使用“帧”这个术语，是因为帧中继实现了多条虚电路（或端点）的数据帧的异步多路复用。使用“中继”这个术语是由于帧内的时隙在经过帧中继网络时不会被多路分解。大多数本地运营商和长途运营商都提供帧中继服务。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述帧中继的基本操作
- ▶ 理解帧中继如何使用虚电路在网络上传输信息

关键知识点

- ▶ 帧中继最初是用来在广域网上传输数据的。

什么是帧中继

帧中继网络是将帧中继帧从一个网络传输到另一个网络的交换网络。帧中继逻辑上是运行在电子交换机上的软件。从物理层次上讲，帧中继是一个连接到 3 条或更多条高速链路的设备，并在它们之间路由数据流。图 5.10 显示了这种操作。图中假设帧中继网络已经建好虚电路（VC）。VC1 从多路复用器 A 到多路复用器 C，VC2 从多路复用器 A 到多路复用器 D，VC3 从多路复用器 A 到多路复用器 E。所有这些电路都从帧中继 B 通过。

接下来，假设所有 3 条电路上的数据都流入多路复用器 A，则多路复用器 A 把它们分割成帧，帧中存储着数据、地址和长度信息。（图中经过了简化，其所有的数据长度都相同。）

帧从 A 传送到 B，B 必须对此帧进行多路分解，然后把它们分成若干帧发送到 C、D 和 E。

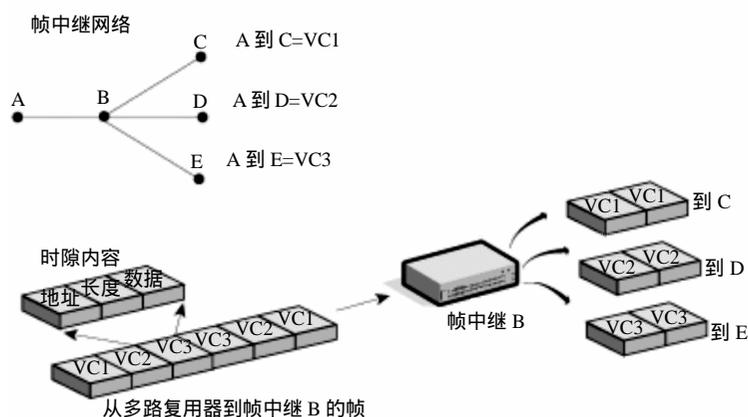


图 5.10 帧中继

图 5.11 显示了另外一种类似网络的帧中继网络。这里，路由器支持帧中继网络。虚电路 1 (VC1) 可以从路由器 1 到路由器 C 的通路，VC2 可以从路由器 1 到路由器 D 的通路，VC3 可以是路由器 2 到路由器 E 的通路。

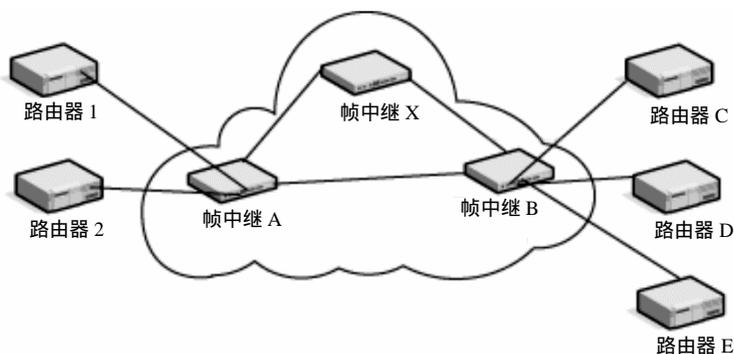


图 5.11 帧中继网络

帧中继有如下几个特点：

- ▶ 按照 ITU-T 的定义，帧中继可以是 T1 或 E1 带宽。ITU-T 的意图是在满足用户带宽需求方面，帧中继不如信元中继（ATM 将在后续章节中介绍）。然而，现在的帧中继服务提供商都在承诺提供 T3 带宽，因此帧中继在高端将和信元中继重叠。
- ▶ 帧中继最终的目的是为了进行数据传输，而不是进行语音、视频或其他对时间敏感的信息的传输。
- ▶ 仅提供面向连接的服务。与其他的 ISDN 分组服务不同，帧中继网络不提供全连

接模式的数据链路服务。虽然帧中继是面向连接的，但他不提供端端检错或纠错功能；一帧可以使其通过网络，也可以使其不通过网络。它的地址字段和 CRC 相对于每个接口都是本地的，每帧通过网络设备后被网络改变。

- ▶ 能检测到传输错误，但是不能纠正这些错误（帧被丢弃）。DLC 级的发送方并不知道帧被丢弃。人们假定物理链路是可靠的，帧中继设备出错率很低。
- ▶ 帧中继速度比 X.25 要快，因为它只需要将帧传递到下一个帧中继设备，而且网络不执行纠错的功能。

当前，大部分电信公司都提供帧中继服务。由于它的帧长度是可变的，因此不适合于语音和视频业务。

帧中继术语

对于帧中继，需要理解几个重要的术语。其中两个是承诺信息速率（CIR）和承诺最大信息帧长度（CBS）。CIR 是对特定服务所承诺的平均数据传输速率，CBS 是指在一段时间间隔内传输的比特数。

购买帧中继设备时，CIR 和 CBS 是两个很重要的考虑因素。CIR 和 CBS 的关系是： $t(\text{时间}) = \text{CBS} / \text{CIR}$ 。例如，当 CIR 为 256kb/s，CBS 为 512kb 时，表示在任意给定的 2s 时间内，网络将传送 512kb 数据，此保证速率是对于拥塞周期而言的。

在负载较小的网络中，网络的实际吞吐量将比 CBS 大，这就是 EBS（超最大信息帧长度）。与 EBS 相对应的是超信息速率（EIR），即在给定的时间内所允许的超数据速率。其他帧中继环境中的重要术语如下：

- ▶ 帧中继接入设备（FRAD）——是一种提供帧中继网络接入的设备。在局域网中，它通常是路由器。
- ▶ 用户网络接口（UNI）——规定了帧中继网络设备和终端用户设备之间的信令和管理功能。
- ▶ 网络网络接口（NNI）——规定了两个帧中继网络之间的信令和管理功能。

练习

1. 画图表示两个局域网，要求每个局域网包含 15 个客户和 2 个服务商，使用帧中继通过路由器连接起来。在图上标出下列设备所在的位置：

- a. FRAD

- b . NNI
 - c . UNI
 - d . ECS
- 2 . CIR 的定义是 :
- a . 设备所承诺的平均数据传输速率 ;
 - b . 在某个给定的时间内能传输的位数 ;
 - c . 在网络用户较少时所能实现的吞吐量 ;
 - d . 两个帧中继设备之间的信令和管理功能。
- 3 . 帧中继比较适合于语音与视频应用。判断对错。
- 4 . CIR 是实际的帧中继网络吞吐量。判断对错。
- 5 . CBS 定义了在一个给定的时间内能传输的位数。判断对错。
- 6 . 描述帧中继网络的基本工作过程。

补充练习

从网络硬件供应商处获得帧中继的白皮书，并总结白皮书的内容。

第五节 帧中继协议

本节从技术的角度评价帧中继，主要考察有效带宽的分配和虚电路在帧中继网络中的创建。本节也将概述帧中继协议的细节内容。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述帧中继如何使用虚电路在网络上传输数据
- ▶ 勾画一个包括高层的帧中继帧
- ▶ 理解帧中继使用的协议报头

关键知识点

- ▶ 帧中继帧包含网络地址。

永久电路和虚电路

在帧中继网络中，各种应用就可共享有效带宽，激活状态的应用在其他设备没有发送或接收信息时，可以在任何时刻完全访问网络。当出现问题时，帧中继可以重新路由通信流，因为帧中继交换机有得到网络状况、对此状况进行说明和采取正确行动的智能和能力。一般的专用线路没有这个能力。

帧中继通过虚电路（VC）承载网络业务。虚电路（VC）通过 NNI 从一个网络的终端映射到另一个网络的终端。每条 VC 轮换使用端口连接设备的整个容量来收发数据，其轮换周期取决于每条 VC 的承诺信息速率（CIR）。当一个端口上的数据容量过大或分配到此端口的其他 VC 均处于空闲状态时，此端口的 VC 就会出现突发流量，使速率超过 CIR。这是帧中继与 TDM 的另一个不同之处，如图 5.12 所示。

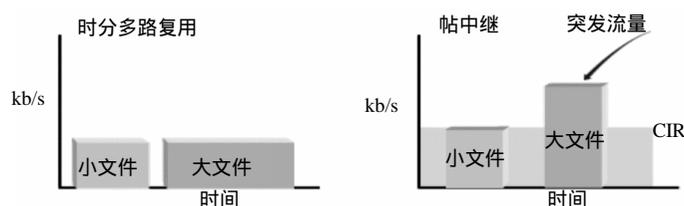


图 5.12 帧中继突发和性能

帧中继帧

帧中继帧基于 HDLC LAPD (ISDN 链路层) 帧格式, 包含一个长度为 2 字节的报头信息字段、可变长度的信息字段、帧校验字段以及开始/终止标志字段。报头信息包括用于数据链路连接标识符 (DLCI) 的 10 比特。DLCI 的 10 比特允许每个物理接口上有 1 000 多个虚电路地址。剩余的比特用于拥塞信息和其他控制功能。图 5.13 显示了帧中继的帧格式。

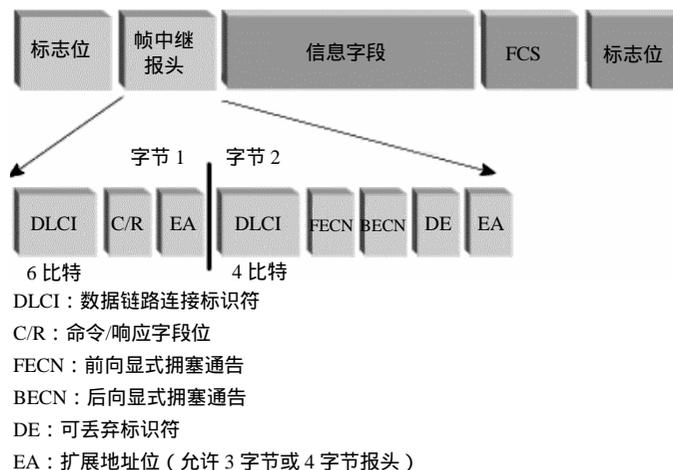


图 5.13 帧中继的帧格式

帧中继的帧格式包含以下内容：

- ▶ 标志位——标识每帧的开始和终止。
- ▶ DLCI——用来标识一帧的虚电路。它是一个 10 位的地址，前 6 位来自帧中继报头的第一个 8 位字节的前 6 位，后 4 位来自于帧中继报头的第二个 8 位字节的前 4 位。DLCI 标识了用户和网络之间的逻辑信道，但不能涵盖整个网络。
- ▶ 命令/响应 (C/R) ——C/R 位没有使用。
- ▶ 扩展地址位 (EA) ——EA 位可将地址从 10 位扩展到 12 位。EA 位不常用。
- ▶ 前向显式拥塞通告 (FECN) ——FECN 位用来告诉接收方：此帧通过网络时，曾经发生过拥塞。它是由网络而不是由用户设定的。
- ▶ 后向显式拥塞通告 (BECN) ——BECN 位用来表示相反方向的通信流可能发生过拥塞。

- ▶ 可丢弃 (DE) 位——DE 位用来为帧中继设备提示：在发生拥塞时，同其他没有设置 DE 位的帧相比，该帧可以被丢弃。
- ▶ 信息字段——信息字段包含了用户数据。其最大推荐净荷是 1 600 字节，最小推荐载荷是 1 字节。网络中的帧中继设备对帧信息部分的内容不予处理。监督 (控制) 位信息利用一个独立的 DLCI 通过网络，并且被认为是“频带外”信号。
- ▶ 帧校验序列 (FCS) ——用于校验接收到的帧是否有错。在每一帧的尾部，访问设备提供一个 FCS，以保证比特的完整性。出错的帧被丢弃。与 X.25 不同，帧中继端点设备能够知道帧被丢弃，并通过重新初始化传输来恢复该帧。

LAPD 的信息字段 (I Field) 长度是可变的。虽然理论上讲 FCS 的最大完整性是 4096 字节，实际上的完整性却是由销售商规定的。帧中继规范规定，所有的网络都支持的“最小最大值”是 1 600 字节。信息字段包含了在帧中继网络的设备间传输的数据。用户数据可以包含用于访问设备的各种协议 (PDU, 即协议数据单元)。根据 IETF RFC 1490 (一个规范信息字段内使用的协议的工业标准机制), 信息字段也可以包括“多协议封装”。不管有没有多协议封装, 信息字段内的协议信息对帧中继网络都是透明的。

帧中继使用报头位来指示网络拥塞。网络通过前向和后向显式拥塞通告 (FECN 和 BECN) 向访问设备通告网络拥塞的情况。访问设备负责在这种拥塞情况下限制数据的流量。为管理拥塞和保证公平, 有丢弃位的帧都根据丢弃位做了标识。帧中继规范说明书提供了一个流量控制的方法, 但不保证那些规范在设备上可以实现。这是一个由销售商规定的问题, 它通常是销售商产品性能的主要差别, 但它一般不会影响基本的帧中继网络的兼容性。

网络和访问设备可以传送具有惟一 DLCI 地址的特殊管理帧。这些帧监控状态链路, 并反映它是在使用还是未使用。管理帧也传送关于永久虚电路 (PVC) 的当前状态和网络上任何 DLCI 变化的信息。本地管理接口 (LMI) 是提供 PVC 状态信息的协议。帧中继的最初规范并没有规定这种状态。后来, ANSI 和 CCITT 为 LMI 开发并协作推出了一种方法, 即“官方”公认的数据链路控制管理接口 (DLCMI)。

帧中继协议很简单。如果帧中继设备接收了无效的帧, 不用通知发送方或接收方, 丢弃就可以了。帧中继协议不支持对帧进行排序, 并且在信息字段内不发送控制信息, 只发送用户数据。帧中继设备不用在网络接收端对帧进行确认。

BECN 和 FECN 在帧中继网络中用来标识拥塞。图 5.14 显示了当设备 C 中发生拥塞时如何传输信息。设备 C 检测设备 E 方向拥塞, 就在帧中设置 FECN 位, 设备 E 在必要时丢弃该帧以避免拥塞; 设备 C 同时在帧中为设备 A 设置 BECN 位, 设备 A 可以采取适当的行动来避免设备 C 与设备 E 之间的拥塞。

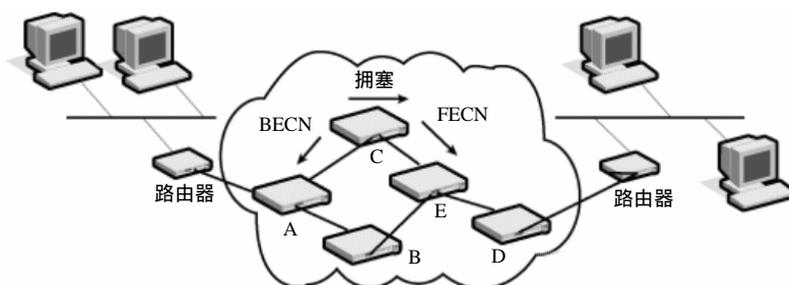


图 5.14 帧中继 BECN/FECN

帧中继寻址

帧中继连接是一种虚电路，称为数据链路连接（DLC）。在大多数帧中继设备和服务中，DLC 是永久虚电路（PVC），由连接的两端预先定义好。交换虚电路（SVC）也是在帧中继规范中定义的，并且正在应用。最初为帧中继提供的服务是基于 PVC 的，这种趋势一直延续至今。PVC 已经并将继续为大部分现有的数据应用提供有效服务。但是，为满足新的应用，刺激互连通信，支持和实现 SVC 的厂商也在增加。

每个 DLC，无论是 PVC 还是 SVC，都有一个标识码 DLCI。与物理地址在以太网中的变化相类似，DLCI 随着帧在段间的传输而变化。所以，要记住的是 DLCI 只在本地有意义，即帧中继连接的 DLCI 在本地和远程终端可能不同（通常是不同的）。因此，需要知道提供给帧中继网络的任何链路的本地 DLCI 和远程 DLCI。无论是通信公司还是专用网络，其中每个帧中继交换机内的路由表都负责把帧路由到正确的目的结点，在目的结点交替读出并分配帧内控制部分的 DLCI 值。

DLCI 是帧的一部分，用来标识终端设备与网络间的逻辑信道。由于 DLCI 仅标识到网络的连接，所以映射两个正在通信的 DLCI 的任务就由网络设备来完成。图 5.15 显示了这种情况。

在图 5.15 中，DLCI 200 由帧中继网络从站点 A 路由到站点 B，在站点 B 上的是 DLCI 100。所有从站点 A 上的 DLCI 200 发出的数据将出现在站点 B 的 DLCI 100 上。所有从站点 B 上的 DLCI 100 发出的数据将出现在站点 A 的 DLCI 200 上。DLCI 的不正确配置是一个常见的错误。

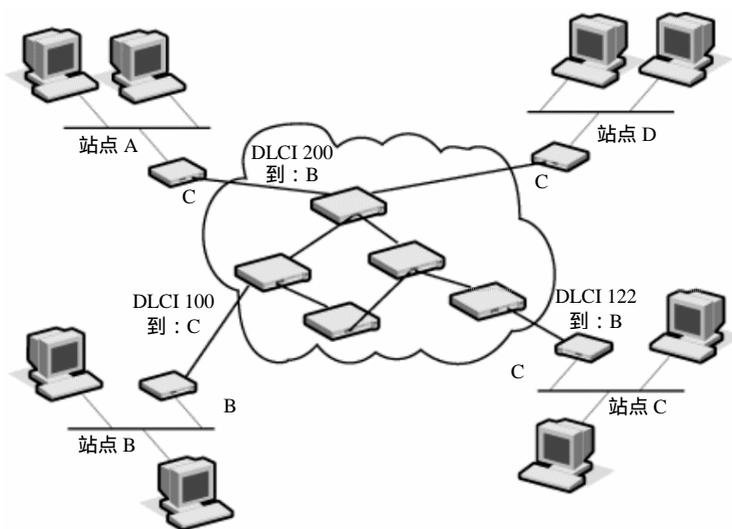


图 5.15 帧中继寻址

通过帧中继实现局域网互连

帧中继被用来解决各种各样的局域网业务。它非常适用于在广域范围内传输局域网业务，因为它的速度和灵活性比较好。将局域网连接到帧中继网络的设备，都要封装数据帧或者帧中继帧中的数据包，并将其在网络中传输。如图 5.16 所示。



图 5.16 帧中继封装

在网络的另一端，信息从帧中继帧中提取出来，并被传输到最终的目的结点。

练习

1. 描述帧中继寻址原理。
2. 描述 BECN 和 FECN 的基本功能。
3. 画图表示协议栈和相应封装 TCP/IP 数据包的帧中继帧。
4. 讨论在计算机网络中哪里可以看到上述信息。

补充练习

浏览帧中继论坛网页：<http://www.frforum.com>，查看有关帧中继的最新信息。浏览帧中继论坛中提供的帧中继概述。

第六节 帧中继的实现

大部分机构采用的既不是纯粹的公用网络，也不是纯粹的专用网络体系结构，而是二者的结合——混合网络设计。这已成为一个大机构的工业化标准体系结构。因此，在设计 and 实现广域网时，同时评估公用交换电话网络服务和专用线路网络服务是非常重要的。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述帧中继在企业网络中的典型应用
- ▶ 理解公用帧中继网络、专用帧中继网络和混合帧中继网络之间的差别
- ▶ 评价帧中继相比于专线网络的优势和劣势

关键知识点

- ▶ 企业网在应用帧中继时采用各种方式。

帧中继实现方案

帧中继和本书讨论的其他技术一样，可以以几种形式来实现。从理论上讲，有 3 种方法可以实现帧中继网络，它们是：

- ▶ 专用网络解决方案
- ▶ 使用公用设施
- ▶ 混合解决方案，既使用专用设备，又使用公用设施

专用帧中继

专用帧中继网络可以在没有公用设施的情况下构建。如图 5.17 所示，使用客户拥有和操纵的帧中继设备将几个站点连接起来，如此用帧中继实现网络。

公用帧中继

另一种帧中继技术的实现方案是通过使用公用设施。其中帧中继交换机和帧中继主干网由远程通信服务提供商拥有和经营。用户看不到交换机和交换配置，看不到信息从源网

到目的网所走的路径。用户也不需要管理网络。这种技术为每个特定站点提供了一条虚电路，并且只有该站点端的用户可以使用这条电路。这就是虚拟专用网（VPN）。图 5.18 中的网络云解释了 this 概念。

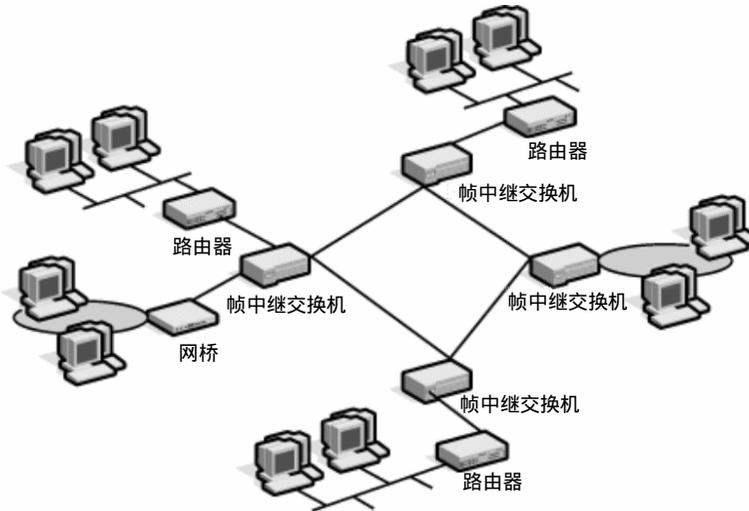


图 5.17 专用帧中继网络

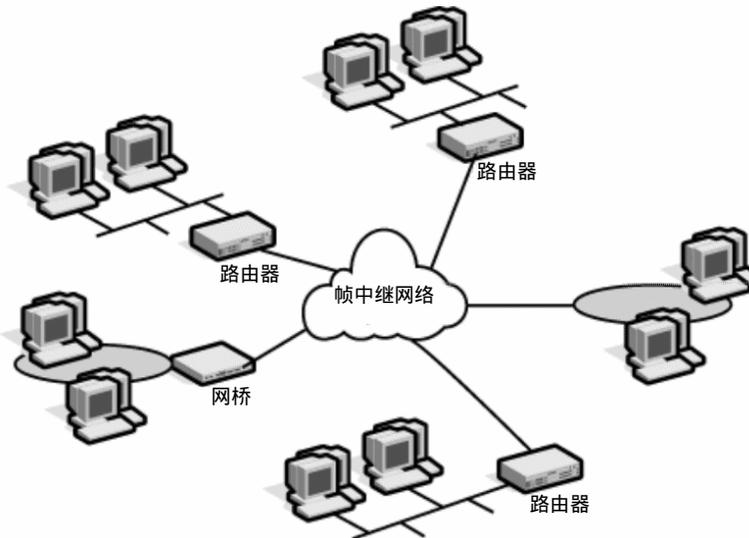


图 5.18 公用帧中继网络

混合帧中继

将专用设备和公用设施进行组合，就可以组成一个混合帧中继网络。用公用网络、专用网络还是混合网络，要根据企业业务的具体应用来决定。对于那些想连网但又没有条件的特定地区来说，把公用设施和专用设备或其他技术结合起来可能是很必要的。图 5.19 显示了混合帧中继网络的概念。

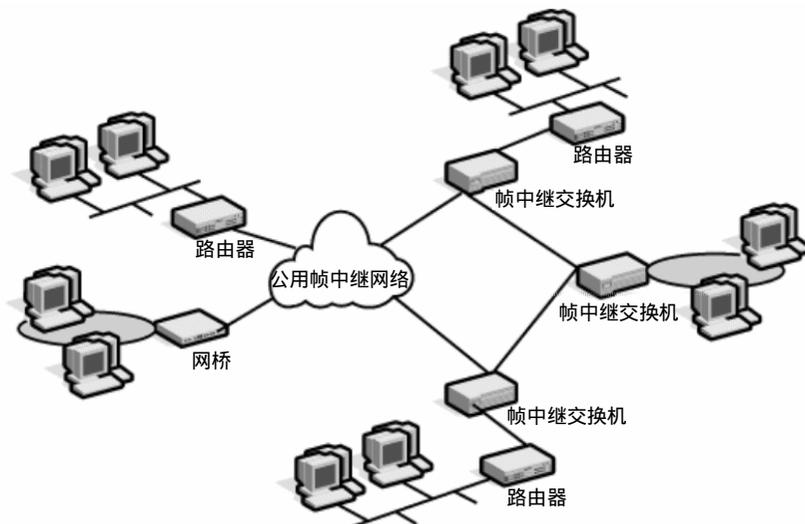


图 5.19 混合帧中继网络

终端用户接入帧中继网络

终端用户设备可以通过多种方式接入帧中继网络。一般来说，PC 和工作站都使用帧中继网络，如许多语音和视频应用。用户终端设备包括：

- ▶ PC
- ▶ 工作站
- ▶ 控制器
- ▶ PBX 设备

用户终端设备连接到有帧中继功能的 CPE（如网桥和路由器）。CPE 设备从网络中获取信息，并将信息放在帧中继帧中。帧中继帧通过 UNI 传输到帧中继交换机。UNI 连接是处于 CPE 和帧中继网络之间的。图 5.20 显示了许多种可能的连接。帧中继网络中的帧中

继交换机提供 NNI 上两端点之间的连接。

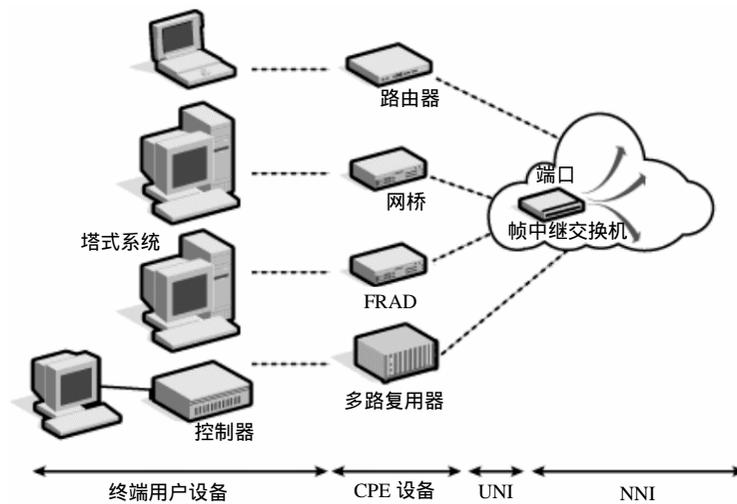


图 5.20 终端用户连接

帧中继和专用线路网络

专用的点对点线路（比如 T1）广泛用于计算机网络中各站点之间的连接。专用线路采用 TDM 技术，通过广域网进行数据流量通信。通常，专用线路用来满足网络连接的高峰数据流量的速率要求。

广域网的重点已经从专用网络转向了交换网络，原因是高质量的公用交换网络本身使交换技术具有很高的可靠性和效率。最新一代的公用网络服务（包括帧中继与 ATM 服务）使得这一趋势更加明显。

对帧中继的需求不断增长，其一个原因是：与 T1 网络相比，帧中继网络的复杂度降低了。随着端点数量的增加，帧中继显得越来越有意义。这一点如图 5.21 所示。

值得注意的是，典型的帧中继实现是采用 T1 作为物理层服务的。也就是说，帧中继依靠基于 T1 的点对点服务。因而这里就有一个点对点 T1 服务与使用各种物理层服务的帧中继服务之间差别的问题。

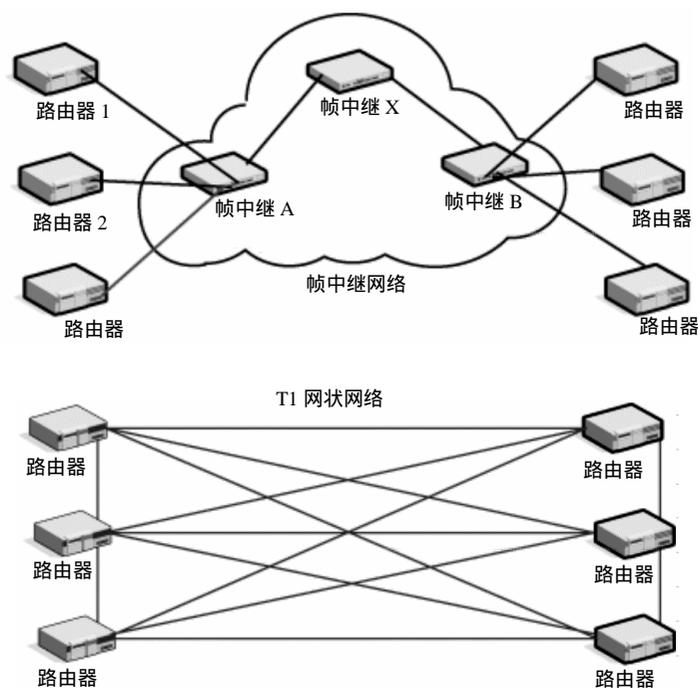


图 5.21 T1 和帧中继网络

帧中继服务

今天的帧中继服务可以以很快的速度传输数据。源结点和目的结点从所在地到帧中继网络，使用租用线路连接进行通信。这些租用线路一般是部分 T1 或全 T1 连接。

为使数据传输到正确的目的地，帧中继包含寻址信息，网络利用信息来保证通过服务提供商的交换机正确地路由数据。寻址实质上是让用户建立虚电路，在相同的访问链路上进行通信。

帧中继网络对网络管理者非常有诱惑力，部分原因在于它利用公用数据网络，使得与机构自身复杂的网状拓扑广域网的维护有关的线路、设备和管理费用减到最少。这种节省费用的方法是可行的，因为设计、维护网状数据网络的重担落在了服务提供商（如 AT&T、MCI 和 Sprint 公司等）的身上。

这种安排有很多优势。首先，它减轻了网络管理者管理整个基础设施的负担。其次，还减少了在网络中进行必要的改动所要花费的精力。

例如，如果网络管理者需要增加带宽或者增加网络接入点的数量，他很可能只需要打

几个电话给服务提供商，然后对中心站点上的路由器进行轻微的改动即可。当新的应用需要更高速率时，一般可以随时增加带宽。

公用帧中继服务

第一个公用帧中继服务开始于 1991 年的美国。今天，在帧中继市场上有许多服务提供商。图 5.22 显示了所提供的各种帧中继公用服务，其中包括：

- ▶ 基本帧中继传输
- ▶ 多种访问方式选择
- ▶ 客户网络管理
- ▶ Internet 访问
- ▶ 国际连接
- ▶ 受控网络服务
- ▶ 帧中继与 ATM 的互连

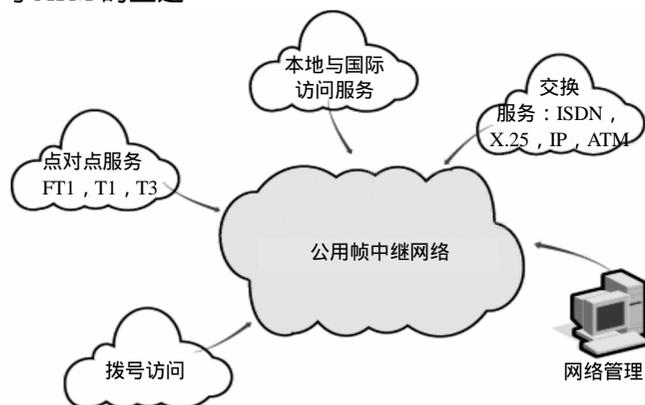


图 5.22 帧中继公用服务

可以看到，使用帧中继网络的方式很多。用调制解调器模拟拨号访问，对于流动工作人员、远程通信用户和临时网络用户来说是一个非常合适的选择。也可以使用交换访问选择方案，如 ISDN 和 Switched-56 等。

按需带宽

帧中继能提供按需带宽的能力，使得它非常适用于突发性数据通信。

帧中继能提供额外带宽，是因为它使用了统计多路复用技术，这种技术不需要全时段的专用链路。帧中继只是在需要传输数据时才使用带宽。

另外，更多传统的广域网传输使用的是时分多路复用技术，因此每个广域网上的数据传输过程都需要专用带宽。这种方法的缺点在于：即使在“数据沉默”（即没有数据传输）时也要占用链路。

与租用线路不同，可以用两种连接速率建立帧中继：CIR 和额外信息速率（EIR）。CIR 保证可以获得最小的带宽，它取决于我们对正常的通信流量的估计。如果网络通信流量超过 CIR，帧中继网络就会尝试建立额外线路来完成传输任务。

条件突发

仅当网络不发生拥塞时（通常在非高峰期），才能以超过 CIR 的速率发送突发数据。这种能力对位于不同时区的分局特别有用。由于位于不同的时区，每个分局将间隔性地达到高峰期和突发期。当网络不拥塞时，有时突发数据速率实际上可以达到两倍于 CIR 的容量。

帧中继使用的复用和寻址技术，允许一个大的中心站点通过单一的路由器端口和连接帧中继网络的高速链路与帧中继网络相连（因而也可与多个远程站点相连）。由于线路不是专用于以逐个对话的方式连接到特定的远程站点的，所以很多从远程站点到中央站点的传输可以同时进行。

如果在几个地理上相距遥远的地区有多个站点，或公司打算在短期内增加多个跨国站点，采用帧中继网络将会为远程通信节省一大笔费用。

帧中继是一种适于本地访问传输区域（LATA）之间的技术，投资少，见效快。但对于同一个 LATA 中的多个站点，也就是同一个区域的几个站点来说，帧中继在经济上也许不具有吸引力（甚至不可行）。

决定帧中继技术是否划算的关键，是从公司到帧中继服务提供商的 56 kb/s 或 T1（1.544 Mb/s）租用专线的费用。如果所有网络在同一区域内，使用专用线路当然要比使用帧中继便宜。

运营商选择

虽然帧中继今天是相对成熟的技术，但是一个机构在与特定的通信公司签订合同时，仍需要清楚以下方面的内容。

第一个问题是关于 CIR。当向帧中继通信公司订货时，需要选择一个 CIR 来进行网络的连接。CIR 是通信公司在给定时段内提供平均带宽的数据传输指标。我们选择 CIR（依赖于运营商）来通过广域网连接获得所期望的性能。典型的 CIR 范围在 56kb/s~1.5Mkb/s 之间。

遗憾的是，所选定的 CIR 并不能得到保证。运营商的事业是否成功取决于是否按照要求来建立网络。通常的规矩是，当网络的 70%~80% 被订购之后，运营商才会增加网络中的链路数量。这样，拥塞对于购买量过大的网络来说就成为一个真正棘手的问题。

对于任何可能的帧中继提供商，我们一定要调查一个关键问题，就是他们的网络怎样处理“拥塞控制”。对于这个问题，各通信公司的处理方法大不相同。简而言之，一些网络在拥塞时，就抛弃数据包。由于帧中继很少甚至根本不进行检错和纠错，所以如果包被扔掉，用户的网络硬件就必须负责重发。

同时，需要查询提供商提供哪些管理报告和工具，以及是否能够得到最新的利用率统计、数据流量模式和帧丢弃、差错率等。

当已经选定了通信公司并已经签约之后，必须购买到本地交换通信公司的帧中继网络的通路。这意味着要用帧中继，就必须在本地公司网络与帧中继网络间连接一条合适的高速通道。

帧中继网络需求

连接到帧中继网络所需的硬件和软件配置并不复杂。可以说非常简单：每个网络需要一台带一个与网络协议相匹配的广域网连接端口（或多个端口）的路由器，还需要支持帧中继的路由器软件/固件和一个 DSU/CSU（数据服务单元/信道服务单元）网络接口。

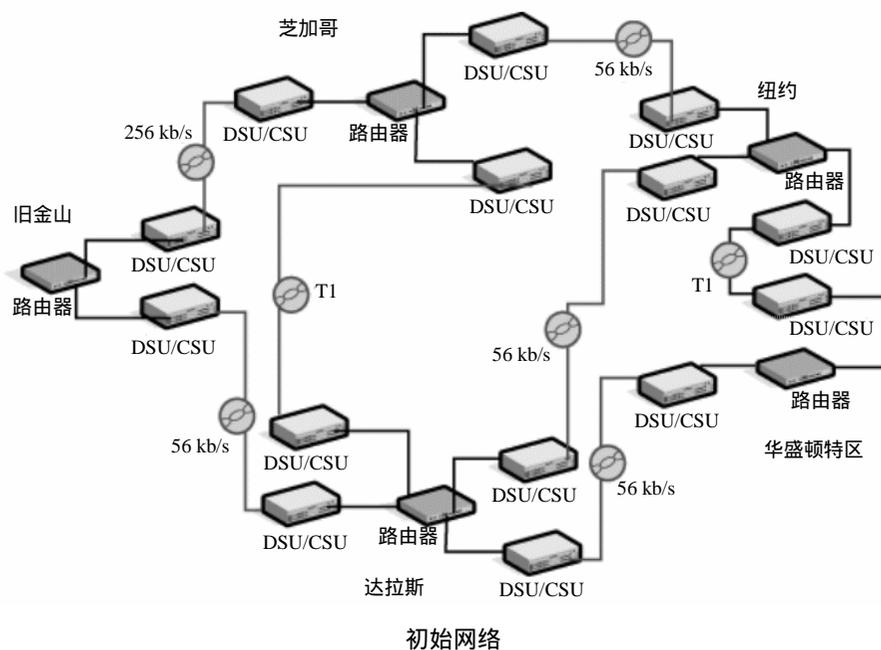
路由器的配置包括简单地输入配置表内适当的数据链路连接标识符（DLCI）信息，此信息由帧中继提供商提供。假设各种连接（局域网、路由器到通信公司，通信公司到帧中继网络）在物理上都正确，并且已经开始使用，那么帧中继网络连接就可以建立了。

练习

有分散在全国各地的 5 个地点。每个地点由路由器提供全国范围的局域网互连服务。每台路由器和一个地区（比如一个城市中的不同的建筑物）内的许多局域网相连。假设通信流量是间断性的，但是有很高的峰值速率。根据通信流量的不同，用户拥有遍布全国的不同容量的点对点租用线路。

在下面的初始网络图中，非帧中继网络包括 5 台路由器、14 个 DSU/CSU、4 条 56 kb/s

租用线路、2 条 1.544 Mb/s 租用线路 (T1) 和 1 条 256kb/s 租用线路 (FT1)。路由器有 14 个路由端口，增加了路由器成本。另外，大多数路由器生产商将路由器的性能和路由器的存储器容量结合起来。



如果深入分析上图，将会发现：

- ▶ 有 7 条租用线路用来改变容量和距离；
- ▶ 使用了 14 个 DSU/CSU；
- ▶ 使用了 14 个路由器端口。

试确定帧中继的实现需要哪些设备。画一张使用帧中继满足上述要求的图。

补充练习

浏览下述网站，注意有关帧中继的信息。列出支持帧中继的产品，并说明在广域网络中如何应用这些产品。

- a. 北方电信：www.nortel.com
- b. Adtran：www.adtran.com
- c. 3Com：www.3com.com
- d. Discount Datacomm：www.discountdata.com

第七节 X.25

X.25 是最早的面向连接的网络层协议,现在它在通过广域网实现包流量的交换时仍然很常用。在通常情况下,X.25 网络(不管是公用网还是专用网)大都建立在公用电话网的租用线路设施之上。它使用的是网络层地址(电话号码),使得交换机可以通过多条路径路由流量。

X.25 正在迅速被速度更快的技术所取代。但是,理解 X.25 协议和服务,将有助于理解像帧中继和综合业务数字网(ISDN)这些更快、效率更高的协议,因为它们都是建立在 X.25 基础之上的。

学习目标

本节结束之后,应该能够:

- ▶ 描述 X.25 是如何通过广域网传送数据的
- ▶ 说出包交换、帧交换、帧中继和信元中继的不同之处
- ▶ 说出 X.25 各协议层的名称,并描述它们的功能
- ▶ 说明包装拆器(PAD)的作用是什么

关键知识点

- ▶ 现今的高速包交换网络都是基于 X.25 的。

X.25 服务

X.25 是面向连接的,它提供以下两类服务:

- ▶ 永久虚电路(PVC)——X.25 的这类服务等价于租用线路,只要网络建立起来,PVC 就静态地定义并一直有效。但是,其中可以共享物理链路的虚电路不止 1 条,这一点与租用线路是不同的。
- ▶ 虚拟连接——X.25 的这类服务等价于拨号连接。网络在一条虚电路上建立连接,传送包,直到数据传送完毕,而后释放此连接。

寻址

ITU 建议的 X.121 定义了 X.25 包网络上给设备分配地址的一个系统。X.121 系统类

似于用于语音电话网络的编号方案。世界上任何地方的任何一个 X.25 用户都可由一个网络层地址唯一地标识，这个网络层地址包括世界区、国家、网络和单个用户的代码。因此，任何两个 X.25 用户，只要他们都在同一个网络或互连的网络内，他们就可以进行 X.25 通信。

X.25 协议

X.25 接口位于开放系统互连 (OSI) 的第 3 层，因为 X.25 可提供到运输层的无差错服务。然而，后面我们将看到，X.25 用于差错检验所需的开销在目前的高可靠数字网络中是难以接受的。

X.25 定义了它自己的 3 层协议栈，如图 5.23 所示。X.25 标准早于 OSI 模型，其第一个版本于 1976 年发布。OSI 采用 X.25 第 3 层作为面向连接的网络层协议。

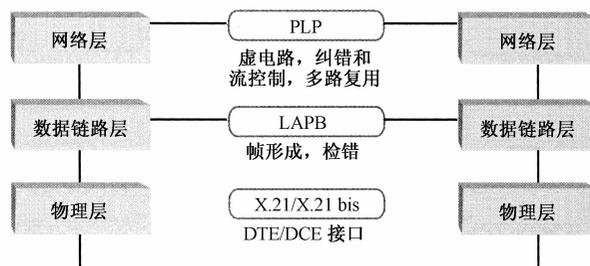


图 5.23 X.25 协议层

X.25 标准本身并没有提供协议栈所有 3 层的完全定义，但是可以参照其他标准。例如，X.75 是对两个不同的 X.25 网络之间的接口进行定义的标准，几乎与 X.25 等同。X.25 由以下这些协议组成：

- ▶ 第 3 层——分组层协议 (PLP)
- ▶ 第 2 层——平衡型链路接入规程 (LAPB)
- ▶ 第 1 层——X.21 和 X.21bis

PLP

PLP 工作在 OSI 模型的网络层，它管理网络中任何地方数据通信设备 (DCE) 和数据终端设备 (DTE) 之间的连接。PLP 接收来自一个运输层进程的数据，将此数据分成许多包，经这些包分配一个网络层地址，并负责将它们无差错地传送到目的结点。PLP 可建立

起虚电路，并通过虚电路路由包。由于许多条虚电路可以共享一条链路，因而 PLP 也可以进行包的多路复用。

LAPB

LAPB 工作在 OSI 的第 2 层（数据链路层），可通过一条链路提供全双工点对点的无差错帧传送。这些帧将包传送到工作于第 3 层的进程或将包从工作于第 3 层的进程传出去。

LAPB 是国际标准化组织（ISO）的高级数据链路控制（HDLC）标准的一个子集。之所以 LAPB 是“平衡”的，是因为其标准除去了 HDLC 标准中与多点、非平衡操作有关的部分。

X.21 和 X.21bis

X.21 工作于 OSI 的物理层。X.21 是根据 RS-232（V.24）标准来定义 DTE/DCE 接口的，只不过 X.21 是为提供到数字网络（如 ISDN）的接口而设计的。由于 X.25 开发出来时数字网络一般不是很有效，因而又定义了 X.21bis（实质上是 RS-232）作为一个过渡性的标准。

包装拆器（PAD）

对于一个通过 X.25 网络来发送数据的应用来说，其网络结点必须带有 X.21 或 X.21bis 接口，而且其执行的进程是为运输层提供 LAPB 和 X.25 PLP 服务的。但是，当 X.25 被开发出来时，许多设备（如字处理器或“哑”终端）都没有这些构件。

为使这些设备能连接到公用 X.25 网络，ITU-T 开发了一组标准，以提供对那些不能执行 X.25 各层协议的终端和 DTE 的访问。这些标准包括 X.3、X.28 和 X.29，通常称为交互式终端接口（ITI）标准。

总的来说，ITI 标准定义了一个“黑匣子”或包装拆器（PAD）。PAD 从异步 DTE（如一台 PC）接收字节流，将这些字节流“组装”成 X.25 包，并将 X.25 包发送到 X.25 网络上。PAD 的概念如图 5.24 所示。

对于 DTE 设备来说，PAD 看起来就像是一个调制解调器（Modem）。意思是说，除了常规异步通信所需的软硬件之外，无须将专门的软硬件添加到 DTE 设备。另外，有了用 Modem 建立的点对点链路，就可以将 DTE 设备连接到 PAD。单个 PAD 可为几台 DTE 设备提供服务，它尽可能将来自多台 DTE 设备的数据放到一个包中，从而执行集中器的功能。

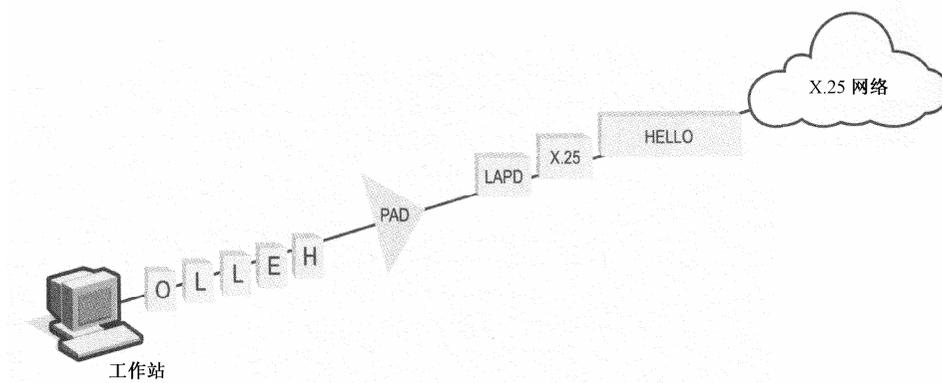


图 5.24 PAD

PLP

PLP 使用以下两类包：

- ▶ 数据包
- ▶ 控制包

其格式如图 5.25 所示。这两类包的各字段如下：

- ▶ Q 位——区分控制信息和用户数据信息。当 Q 位被置为 1 时，该包为用户数据；当 Q 位被置为 0 时，则表示该包为控制包。
- ▶ D 位——表示端到端的包确认。
- ▶ 保留位——紧随 Q 位和 D 位之后的 2 比特目前不用。
- ▶ 组号——包含逻辑信道组号。
- ▶ 信道号——标识逻辑信道号。信道号和组号一起构成包地址。
- ▶ P(r) ——包含要发送的下一个包的序列号。
- ▶ M 位——“更多数据”位。M 位被置位时，表示有相关的附加包正在传送之中。
- ▶ P(s) ——包含所发送包的值。
- ▶ 包类型——标识包含在一个控制包中的命令或指令。X.25/LAPB 协议中可用的 PLP 控制包类型如表 5.3 所示。

表 5.3 PLP 控制包类型

| | DCE 到 DTE | DTE 到 DCE | 控制字段的值 |
|---------|----------------|----------------|-----------|
| 呼叫建立和清除 | 入呼叫 | 呼叫请求 | 00001011 |
| | 呼叫连接 | | 00001111 |
| | 清除显示 | | 00010011 |
| | DCE 清除确认 | | 00010011 |
| 数据和中断 | DCE 数据 | | XXXXXXXX1 |
| | DCE 中断 | | 00100011 |
| | 确认 | | 00010011 |
| 流控制和复位 | DCE RR (模 8) | DTE RR (模 8) | XXX00001 |
| | DCE RR (模 128) | DTE RR (模 128) | 00000001 |
| | DCE RNR (模 8) | DTE RR (模 8) | XXX00101 |
| | DCE RR (模 128) | DTE RR (模 128) | 00000101 |
| | 复位显示 | 复位显示 | 00011011 |
| | DCE 复位确认 | DTE 复位确认 | 00011111 |
| 重新启动 | 重启显示 | 重启请求 | 11111011 |
| | DCE 重启确认 | DTE 重启确认 | 11111111 |



图 5.25 PLP 包格式

控制包用来建立、引导和终止一段 X.25 会话。图 5.26 展示了建立 X.25 连接和发送数据所需的一个典型的包交换序列。

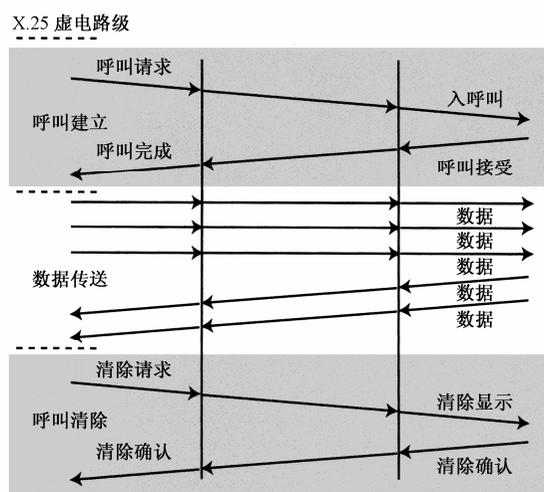


图 5.26 X.25 包序列

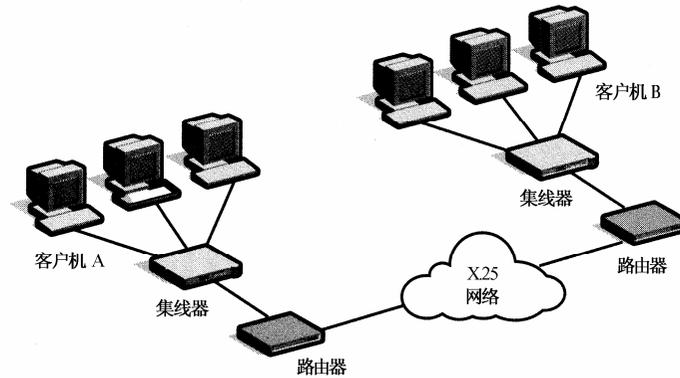
开销和性能的限制性

如今，X.25 网络正在被更快的包/信元交换网络（如帧中继和 ATM）所取代。这是因为 X.25 网络受到以下局限：

- ▶ 吞吐量低——X.25 网络至多能够支持 DS0 带宽。
- ▶ 开销大——由于 X.25 PLP 负责包的无差错传递，因而虚电路中的每个结点，连同接收结点中的运输层进程，都必须对所接收到的每个包进行确认。除了每个“真正的”数据包通过网络往返传送外，几个确认包也必须经过相同的路径往返传送。其结果，有效吞吐量远低于组成网络的物理链路的额定容量。
- ▶ 功能多余——当公用电话网速率较低且大部分为模拟网时，X.25 的开销是合理的，1976 年 X.25 首次投入使用时就是这样。然而，今天的数字网络是越来越基于光纤的，可靠得多，拥有足够的带宽，因而拥塞不大可能发生。结果，位于第 3 层的流控制不再需要了，错误恢复只须留给较高层去完成，这些较高层在任何事件中都要进行错误恢复。

练习

根据下图，描述从客户机 A 到客户机 B 和从客户机 B 到客户机 A 的信息流动。说明在每台设备中和通过广域网（WAN）时所用到的协议。



补充练习

根据图 5.26，当 X.25 包通过广域网往返传输时画出这些包。假定 IP 包正在由 X.25 包进行传送，请指出哪些 X.25 包将承载 IP 信息，而哪些包是控制包。

本章小结

ISDN 代表的第一代数字交换网络不是面向语音通信的。相反，它是用来服务于多种目的的：语音、数据、视频、传真和其他各种形式的电子通信。ISDN 既是一套服务，也是一套捆绑的协议。其服务包括：16kb/s 的 D 信道，用于控制信令和其他不需要高数据速率的应用；64kb/s 的 B 信道，用于语音、数据和低速扫描视频服务；H 信道，用于实时视频、数据网络主干等，数据速率高达 1 920 kb/s。基速率服务提供 1 个 D 信道和 2 个 B 信道。主速率服务提供增加到 T1/E1 的 B 信道和 H 信道。ASDN 还提供永久电路，比如租用线路、电路交换服务和包交换服务等。

ISDN 协议的体系结构分为两个平行的部分：一个服务于数据，一个服务于控制信号。每部分在第 2 层和第 3 层都有自己的一组协议。

现在大部分公司可提供帧中继服务，并将 X.25 作为可以选择的包交换协议。帧中继运行于第 2 层，而不是第 3 层。它比 X.25 更快，开销更少，并提供 T1 数据速率，但不提供 X.25 的 DS-0 速率。帧中继可以只为数据提供面向连接的服务。

X.25 可提供上至 OSI 模型第 3 层的广域网服务，它是帧中继的基础，它使用电话号码作为目的地址。X.25 在一些国际通信中仍被广泛采用。但是，X.25 正在迅速被吞吐量更大和开销更低的协议所取代。

小测验

1. ISDN 数据链路层协议是：
 - a. HDLC
 - b. LAP-D
 - c. LAP-B
 - d. SDLC
2. 下列哪个不是 ISDN 信道？
 - a. A 信道
 - b. B 信道
 - c. D 信道
 - d. H 信道
3. ISDN 的基速率是：
 - a. 64 kb/s

-
- b . 144 kb/s
 - c . 1.544 Mb/s
 - d . 45 Mb/s
- 4 . ISDN 的主速率是 :
- a . 64 kb/s
 - b . 144 kb/s
 - c . 1.544 Mb/s
 - d . 45 Mb/s
- 5 . ISDN 相对于 DDS 的一个特点是 :
- a . 本地环路上语音和数据等服务的灵活性
 - b . 提供高速服务
 - c . 使用 64 kb/s 作为其基本构件
 - d . 以上全部
- 6 . ISDN 的一个关键概念是 :
- a . 多种协议的集成
 - b . 通过单一物理链路的多种服务的集成
 - c . 计算机设备的集成
 - d . 网络组件的集成
- 7 . ISDN 支持下列哪种形式的通信流 ?
- a . 视频
 - b . 语音
 - c . 数据
 - d . 以上全部
- 8 . ISDN 传输的大部分信息与下列哪种信道有关 ?
- a . A 信道
 - b . B 信道
 - c . C 信道
 - d . D 信道
- 9 . 多种 ISDN 信道的组合是指 :
- a . D 信道
 - b . H 信道
 - c . X 信道
 - d . 虚通道

-
10. 基速率 ISDN 的有效速率是：
 - a. 64 kb/s
 - b. 128 kb/s
 - c. 144 kb/s
 - d. 1.544 Mb/s
 11. 帧中继比 X.25 更简单和更有效的一个原因是：
 - a. 运行于数据链路层而不是分组层
 - b. 使用数字电路传输数据
 - c. 是一种较新的技术
 - d. 帧中继不比 X.25 简单
 12. 下面哪个是帧中继网络中的虚电路？
 - a. DLCI
 - b. FECN
 - c. BECN
 - d. CBS
 13. 帧中继网络中的 CIR 的最大特点是：
 - a. 确保平均速率
 - b. 确保最大速率
 - c. 在给定时间间隔内传输的比特数
 - d. 在给定时间间隔内传输的字节数
 14. 如果设定了 DE 位，则表示：
 - a. 当与 SONET 同时使用时，帧可以被丢弃
 - b. 当与 T1 同时使用时，帧可以被丢弃
 - c. 帧可以被发送到低速链路
 - d. 当出现拥塞时，帧可以被丢弃
 15. 帧中继是从下列哪个协议改编过来的？
 - a. T1
 - b. T3
 - c. ISDN
 - d. ATM
 16. 帧中继是一种：
 - a. 无连接、面向帧的服务
 - b. 面向连接的物理层服务

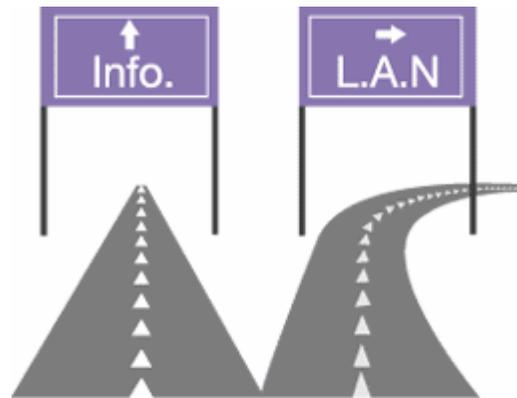
- c . 无连接的包传输服务
 - d . 面向连接的交换服务
- 17 . 典型的帧中继速率是 :
- a . 28.8~56 kb/s
 - b . 56~128 kb/s
 - c . 56 kb/s ~1.544 Mb/s
 - d . 1.544 Mb/s ~2.4Gb/s
- 18 . 之所以帧中继比 X.25 更有效 , 是因为 :
- a . 传输信息所用的层更少
 - b . 传输信息所用的层更多
 - c . 帧中继并不比 X.25 更有效
 - d . 网络层的包类型是不同的。
- 19 . 帧中继网络可以代替 T1 网状网络的原因是 :
- a . 需要连接的网络终端数量
 - b . 使用的计算机类型
 - c . 连接网络使用的路由器类型
 - d . 使用的物理电路
- 20 . FRAD 是指 :
- a . 通过帧中继网络发送语音的设备
 - b . 用帧中继将一个局域网连接到另一个局域网的路由器
 - c . 提供 ATM 到帧中继接口的交换机
 - d . 帧中继应用
- 21 . 以下技术中开销最低的是 :
- a . 包交换
 - b . X.25 包交换
 - c . 帧中继
 - d . SONET



第六章

广域网解决方案

- 1 *ATM 概念*
- 2 *ATM 的实现*
- 3 *ATM 设备*
- 4 *SMDS*
- 5 *网络范例*



概 述

在通过通信公司拥有的广域网 (WAN)、局域网 (LAN)、城域网 (MAN) 传输信息时, 信元交换技术起着重要的作用。

异步传送模式 (ATM) 主干网通过多链路快速交换固定长度的信元。ATM 的面向连接特性使它能可靠承载对延迟敏感的服务, 如语音、视频或多媒体等。ATM 还可支持突发局域网数据流量。

交换式多兆位数据业务 (SMDS) 是本地交换通信公司 (LEC) 提供的城域网专用的数据服务。SMDS 基于 IEEE 802.6 的分布队列双总线 (DQDB) 协议, 它在单个本地接入传输区域 (LATA) 内提供城区局域网之间的连接。由于 ATM 是为提供广域网连接而设计的, SMDS 的市场已让位于 ATM, 但有一些 LEC 仍在提供 SMDS 服务。

术语

Asynchronous Transfer Mode (ATM) 异步传送模式

ATM 是一种能够满足当前和未来电信需求的网络协议, 这些需求包括高速数据传输、高质量的视频和数字电视等业务。

Collapsed Backbone 集中式主干

当连接所有网段的网络主干都包含在一台集线器、交换机或路由器内时, 就称该网络主干为集中式主干。在以太网中, 总线都集中在一台集线器内, 网络设备通过 UTP 电缆与总线相连。

Data Exchange Interface (DXI) 数据交换接口

数据交换接口 (DXI) 定义了网络设备与 SMDS CSU/DSU 之间的交互作用; DXI 也考虑了 DTE 与 ATM CSU/DSU 之间的接口。

Distributed Queue Dual Bus (DQDB) 分布队列双总线

DQDB 是为 MAN 建立的 IEEE 802.6 标准, 见 SMDS。

High-Speed Serial Interface (HSSI) 高速串行接口

HSSI 是一种速率可达 52 Mbps 的串行数据通信接口。

IEEE 802.6 IEEE 802.6 标准

IEEE 802.6 标准用于城域网。DQDB 协议(SMDS 的基础)就是由 IEEE 802.6 定义的。

Logical Link Control (LLC) 逻辑链路控制

LLC 是 IEEE 802 局域网协议套的上层协议, 见 802.2 标准。

Network Interface Card (NIC) 网络接口卡

网络接口卡 (NIC) 是插在计算机内部的、用于连接网络的扩展板。

Packet Transfer Mode (PTM) 分组传送模式

分组传送模式 (PTM) 是一种利用分组传送和包交换的信息传输方法, 它允许各种连接分享网络资源。以太网、FDDI 和帧中继等都是 PTM 的例子。

Physical Layer Convergence Protocol (PLCP) 物理层汇聚协议

PLCP 是 SMDS SIP-1D 的子层, 用于适应传输设备处理 DQDB 功能。PLCP 子层定义了 SMDS 的 53 字节信元是如何映射到由较低子层所描述的特定传输系统的。

Queued Packet Synchronous Exchange (QPSX) 排队包同步交换

QPSX 是 DQDB (一种用于城域网通信的协议) 的前驱站 (Predecessor)。

Simple and Efficient Adaptation Layer (SEAL) 简单有效适配层

简单有效适配层 (SEAL) 也称为 AAL5, 它用做实现本地高速局域网的一个简化适配层。SEAL 将成为无连接或面向连接的可变比特率服务。

Subscriber Network Interface (SNI) 用户网络接口

SNI 是一个 SMDS 术语, 用来描述通过专用电路访问 SMDS 网络的用户前端设备 (CPE)。

Switched Multimegabit Data Service (SMDS) 交换多兆位数据服务

SMDS 是一种连接局域网、城域网、广域网的无连接服务, 其速率高达 45 Mb/s。SMDS 是面向信元的, 采用的格式与 ITU-T B-ISDN 标准相同。内部 SMDS 协议有 SIP-1, SIP-2 和 SIP-3, 它们都是 IEEE 802.6 城域网标准——DQDB 的子集。

Switched Multimegabit Data Service (SMDS) Interface protocol SMDS 接口协议 (SIP)

SIP 用于 CPE 和 SMDS 承载设备之间的通信。SIP 由 3 层组成 :SIP-1, SIP-2 和 SIP-3。SIP-3 运行于 OSI 模型第二层 MAC 子层的上半部分, SIP-2 运行于 MAC 子层的下半部分, 而 SIP-1 对应于 OSI 模型的物理层。

Synchronous Transfer Mode (STM) 同步传送模式

STM 是通过 UNI 使用 TDM 与交换的 B-ISDN 传输级技术。采用 STM 进行数据通信时, 需要有同步时钟。

Virtual Channel Identifier (VCI) 虚通道标识符

VCI 是 ATM 信头中的一个字段, 用来惟一标识一个 ATM 虚通道 (VC)。每个 VC 都是从源结点到目的结点的数据传输。

Virtual Path Identifier (VPI) 虚通路标识符

VPI 是 ATM 信头中的一个字段, 用来标识从同一信源到同一信宿传输信息的一组 ATM 虚通道 (VC)。

第一节 ATM 概念

ATM 是一种可以在局域网、城域网和广域网上传输语音、视频和数据的技术。ATM 是 ANSI 和 ITU-T 为了向用户提供虚拟无限带宽而设计的采用高速、面向连接的技术和信元交换、多路复用等技术的国际标准。

电信工业界普遍认为 ATM 将革新网络设计和管理的方式，因为它结合了两种常用传送模式 (STM 和 PTM) 的优点。ATM 的面向连接的特性，使得它可为延迟敏感的业务 (如语音、视频和多媒体等) 提供灵活的服务；其灵活而有效的包交换特性为其他形式的數據提供了快速传输。

在相对较短的时间内，ATM 作为最终解决端到端网络互连问题的工具获得了世界范围的赞誉。ATM 的广泛通用性使得每个局域网集线器和路由器的厂商和服务提供商竞相开发基于 ATM 的产品。ATM 作为 PSTN 和 Internet 主干网的可选技术已经获得广泛认可。ATM 与物理层的同步光网络 (SONET) 相结合，正日益广泛应用于宽带信息传输。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 了解 ATM 网络如何将信息从信源传送到信宿
- ▶ 说明 ATM 协议的基本特点
- ▶ 描述 ATM 协议头字段的功能
- ▶ 描述 ATM 的关键特性，并说明 ATM 如何传输各种数据类型

关键知识点

- ▶ ATM 结合了同步传送模式 (STM) 和分组传送模式 (PTM) 的优点。

对 ATM 的需求

20 世纪 80 年代中期，电信业的研究人员开始研究可以作为下一代高速语音、视频和数据网络服务的基础技术。其研究的结果就是宽带综合业务数字网 (B-ISDN) 标准。

B-ISDN 主要用来支持需要连续和可变速率的用户服务。这些服务包括数据、语音、视频、图像与多媒体应用等。B-ISDN 的最终目标，是取代现有的公用网络基础设施而成为未来的通用网络。ATM 是建立 B-ISDN 的基础。

传送模式

传送模式规定了网络传输、多路复用和交换数据的方法。B-ISDN 有 3 种可能的传送模式，即：

- ▶ 同步传送模式 (STM)
- ▶ 分组传送模式 (PTM)
- ▶ 异步传送模式 (ATM)

同步传送方式 (STM)

“同步”意味着数据通信受到微处理器时钟的控制，因为所有信号都在特定时刻产生或结束，接收结点可以检测到一个信号的开始和结束。使用 STM 的网络将每一个传输帧划分到一系列时隙当中，接着为每一位用户分配一个对应时隙，如图 6.1 所示，图中每一帧的时隙 2 都指定对应同一个用户。



图 6.1 同步传送模式 (STM)

STM 是声音和视频的理想传送方式，因为它提供了恒定比特率服务。声音和视频要求可预测和有保障的网络访问，否则传输质量将会急剧下降。

相比之下，数据传输具有突发特性，用户在两次短时间的高强度数据传输之间有相对较长的空闲时间。例如，在一次典型的客户 / 服务器事务中，客户机请求很少占用带宽，当服务器应答时，大流量数据从服务器传回客户机，服务器的应答可能几乎占用网络的全部带宽。

STM 在数据传输方面效率不高，因为每一帧内的同一时隙都分配给一个用户，无论该用户是否有数据要传输。当用户空闲时，STM 不会将未使用的时隙重新分配给别的用户，其时隙就浪费掉了。

STM 技术的实例包括由电信运营者提供的标准 T1 电路、E1 电路和同步数字系列 (SDH)。

分组传送模式 (PTM)

在基于 PTM 的网络技术中，数据划分成长度可变的数据单元 (包或帧)。每一个数

据单元都包含用户数据和信头。信头提供路由、流量控制及错误校验等信息。PTM 网络经常在多条并行路径中,从一个结点到另一结点转发数据包,直到到达最终目的结点,而不是在源结点与目的结点之间提供专门的物理连接。PTM 的实现依赖于以太网、令牌环、FDDI、X.25 和帧中继等技术。图 6.2 描绘了 PTM 概念。

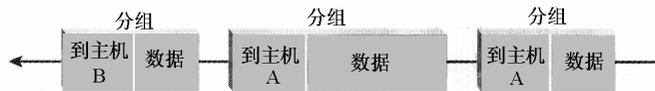


图 6.2 分组传送模式 (PTM)

PTM 在处理突发数据流时表现优异,因为结点仅仅在需要发送数据时才会占用带宽。当某个结点空闲时,其享有的网络带宽可以被其他结点使用。由此带来的传输速率变化和时延,在某一限度内不会成为数据通信的主要问题。

但是,PTM 不提供有保障的网络访问,而恒定比特率应用(如声音或视频)要求网络访问要有保障。声音和视频几乎不能容忍传输时延,但是可以容忍一些信息丢失或传输的不准确。

异步传送模式 (ATM)

我们可以看到,STM 在声音和视频传输方面表现优异,而在数据传输中效率低下。另一方面,PTM 在数据传输中表现优异,但又不能提供声音和视频所要求的带宽保障和低时延。

ATM 综合了这两种传送模式的优点。ATM 把 STM (恒定传输时延及容量保障)和 PTM (具有灵活处理断续流量的能力)的长处结合到一种传送模式中,同时满足了声音、视频和数据传输的需要。

在计算机技术中,“异步”一词通常表示数据传输是通过起始符和终止符来协调的,而不需要一个公共时钟。然而,ATM 用“异步”来描述网络带宽是怎样分配给用户的。ATM 基于需求来为用户分配网络访问权,这就是用户是以随机方式或异步方式获得数据流传输许可的。图 6.3 描绘了 ATM 的概念。



图 6.3 异步传送模式 (ATM)

固定长度数据信元 ATM 组织信息传输的方法是将数据编排成固定长度的单元,这

个单元称为信元。每个信元为 53 字节长，分为 48 字节的净荷（数据）和 5 字节的信头。信元的定长性质使 ATM 交换机能够更简单、更快速处理信元。只有在需要的时候才把信元分配给应用程序，因而 ATM 信元交换方式即使对突发数据传输也能有效地利用网络带宽。图 6.4 描绘了 ATM 信元的基本格式。

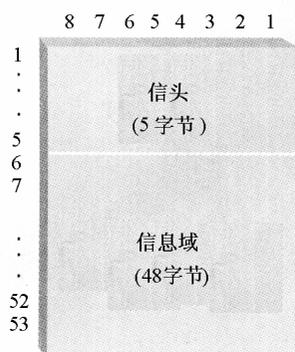


图 6.4 ATM 信元的基本格式

面向连接的传输 在 ATM 网络中，一对源结点和目的结点在源结点发送数据前就建立起一条虚拟连接，源结点和目的结点之间传送的所有信元都沿着这条虚拟连接或虚通路（VP）（通过 ATM 交换机网络）传递。稍后在同一源结点和目的结点间的另一次数据传输可能会沿着另一条 VP 进行，但是在本次传输进行的过程中通道将不会改变。在中间结点处的信元交换更简单、更迅速，这种方法提高了总的传输速度。

ATM 的最终目标是实现声音、视频和数据应用在同一综合网络上的极高速通信。通过将短的定长信元的使用与面向连接的传输方式结合起来，ATM 解决了这些应用共用同一网络时遇到的许多问题。

- ▶ 面向连接的性质让 ATM 为声音和视频应用提供了最小时延。
- ▶ 定长信元的采用简化了交换设计，允许交换逻辑在硅片上实现，也就是说，用软硬件结合的交换代替了软件交换。这极大地降低了处理每个信元所需的时间，同时提高了交换吞吐量，节省了交换技术成本。
- ▶ 小的视频信元组的传输不会因为有大数据信元组存在而延迟，因为所有的信元都是等长的。这意味着能相对容易地测定出任两点间的网络延迟，而且，由于对时延敏感的应用（如声音或视频）可以与数据应用使用同一传输设施，因此大大降低了延迟的变化程度。
- ▶ 采用定长信元而不用时隙分配，克服了同步传送方式浪费带宽的主要弱点。ATM 结点只有在有数据要传输时才占用带宽。

面向连接的模式

在无连接的网路中，数据传输不需要源结点和目的结点之间预定义的端到端连接。因此，数据流通过网路是沿着最可行的路径的，而不是通过预先定义的路径。无连接的服务有时候被称为数据报服务。IP 就是一个无连接服务的例子。

ATM 以一个面向连接的模式运行。面向连接的服务要求在数据传输之前，在源结点和目的结点之间建立虚拟连接。图 6.5 显示了 ATM 和虚电路这两个概念之间的关系。如前所述，所有的 SVC 连接都包含 3 个阶段：

- ▶ 建立连接
- ▶ 传输数据
- ▶ 结束连接

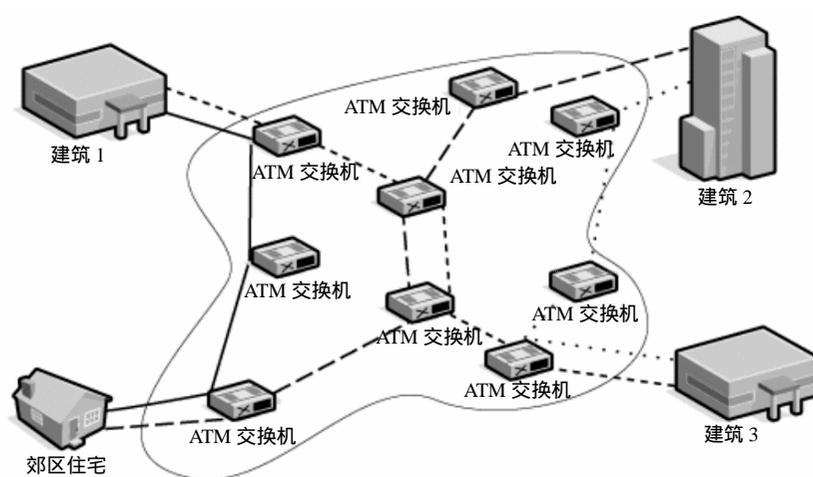


图 6.5 ATM 和虚电路

面向连接的网路使用较复杂的端结点来支持信令和建立连接，从而提供简单得多的中间（交换）结点。当试图支持实时、高速应用时，面向连接的网路相对于无连接网路来说，有好几个优点。

面向连接的网路能够保证最低水平的服务。如果网路没有足够的资源来接收连接请求，网路就会简单地拒绝建立连接。这保证了网路可以有足够的资源来支持当时所有被激活的连接，不会发生排队溢出现象。

用户之间的逻辑连接意味着在连接期间信号在相同的逻辑路径上传输，实际上消除了交换延迟。这一点非常重要，因为语音和视频应用对传输延迟的变化非常敏感。

虚电路两端的设备可能以不同的速率运行，因为没有建立端到端的物理连接。这允许数据在源结点以一种速率传输，而在目的地结点以另一种速率接收。

当建立连接之后，连接的应用相对来说是比较多的。当没有数据需要传输的时候，连接被终止，原来被分配的网络资源可以被其他连接使用。

定长信元

无连接技术对所传输的数据进行格式化，生成可变长度的包。ATM 使用一个 53 字节的定长信元，其中包括 5 字节的信头和 48 字节的信息段。由于定长信元的使用可使交换机处于一块硅片上，因此简化了交换机的设计。这在很大程度上减少了每个信元所需的处理时间，提高了交换机的数据吞吐量，而且降低了交换技术的成本。

信头细节

每个 ATM 信元包含一个 5 字节的信头和一个 48 字节的信息。ATM 信头包含 6 个字段，如图 6.6 所示。

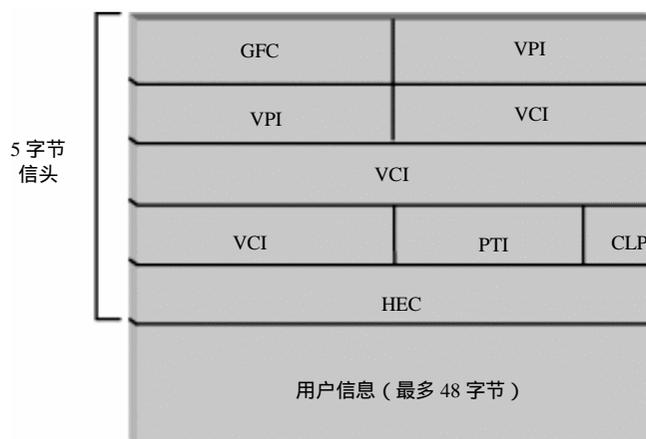


图 6.6 ATM 信头

ATM 信头的 6 个字段包括：

- ▶ 一般流量控制 (GFC)——GFC 长度为 4 位，是预留位，用于将来用户和网络之间的流控制。

- ▶ VPI——VPI 是 1 字节长，用以标识信元所属的虚通路。
- ▶ 虚通道标识符 (VCI) ——VCI 标识信元所属的虚通道。VCI 为 2 字节的字段。
- ▶ 净荷类型标识符 (PTI) ——PTI 占 3 位，用于标识 ATM 信元类型。
- ▶ 信元丢弃优先符 (CLP) ——CPI 标识在网络出现拥塞期间信元被丢弃的优先级别。
- ▶ 信头差错控制 (HEC) ——HEC 占据 ATM 信头的最后 8 位。HEC 包含关于信头的差错控制信息，用于检错。如果检测出错误，该信元就会被丢弃。

B-ISDN 和 ATM

ATM 是整个 B-ISDN 标准的分支。B-ISDN 协议栈如图 6.7 所示。下面要讨论的 3 个主要层是底部的 3 层。总的来说，这 3 层对应于开放系统互连 (OSI) 模型的物理层和数据链路层，它们是：

- ▶ ATM 适配层 (AAL)
- ▶ ATM 层
- ▶ 物理层



图 6.7 B-ISDN 协议栈

这 3 层都包含在同一个协议头中。

ATM 适配层 (AAL)

ATM 适配层 (AAL) 是端到端处理过程, 仅允许两个通信实体在 ATM 层中插入和删除数据。在网络中的每一点, 都只能在孤立的每个 ATM 信元上进行处理。任何点都不必收集比单个信头所包含的信息更多的信息, 就可以完成这个处理过程。网络不关心信元组的到达时刻、顺序或确认。AAL 层增强了 ATM 层提供的服务, 以满足下一个更高层的需要。这些需要由 5 个不同的进程来满足 (从 AAL1 到 AAL5), 如图 6.8 所示 (图中只给出 AAL1~AAL4 的结构)。

AAL1 的 SAR 结构



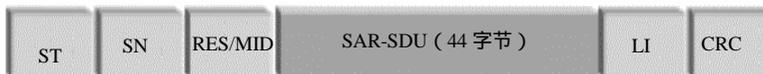
CSI: 汇集子层 (CS) 标记
 SN: 序列号
 SNP: 序列号保护
 SDU: 服务数据单元

AAL2 的 SAR 结构



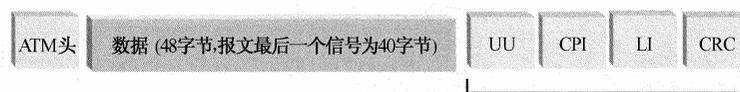
SN: 序列号
 IT: 信息类型
 LI: 长度标志
 CRC: 循环冗余校验

AAL3 和 AAL4 的 SAR 结构



ST: 段类型
 RES: 预留
 MID: 多路复用标识符

AAL5 的 SAR 结构



UU: 用户到用户字段
 CPI: 公共部分标识符
 LI: 长度提示器
 CRC: 循环冗余校验

仅限于最后一个信元

图 6.8 AAL 结构

最常见的数据通信协议（如 TCP/IP、NetWare 和 AppleTalk）采用的是长度不同的包。这些包一般都是比 ATM 信元的净荷字段大。对于大多数交换数据的 ATM 设备，必须利用适配层协议将高层协议数据包分割成能通过网络传输的信元，并把从网络中接收的信元重新组合成原始的数据包。

恒定比特率（CBR）的 AAL 1 是为在发送者和接收者之间需要同步的 CBR 而设计的。这一服务被语音、视频和类似的通信数据流采用。AAL 1 为编码时序信息增加了 4 字节的开销，以解决 CBR 通信的同步需要。AAL 1 使用的典型协议有 DS-0、DS-1 和 DS-3，它们使得 ATM 网络可以仿真语音或 DS 型服务。

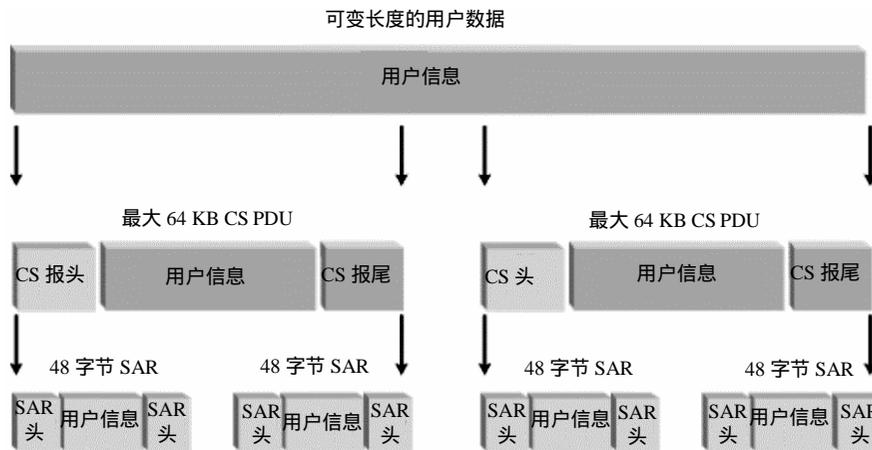
AAL 2 满足了可变比特率（VBR）服务的需要。AAL 2 需要的额外开销还没有定义。

AAL 3 和 AAL 4 是分别为面向连接和无连接的数据服务而设计的。

AAL 5 是简单有效适配层（SEAL），用于通过预先在两个用户之间建立的 ATM 连接传输 VBR 数据。SEAL 层假定更高层进程可以处理错误恢复。它是唯一的不给送往较低层的用户信息增加任何开销的一个 AAL 进程。每个 AAL 进程在汇集子层（CS）执行。

两个 AAL 子层（CS 和 SAR）的目的是把用户数据转换成在 ATM 信元中传输的 48 字节的数据。这一层产生的数据单元称为协议数据单元（PDU）。

汇集子层（CS） 汇集子层（CS）是依赖于服务的。CS 提供的服务包括：处理信元延迟变化，源时钟恢复，监控丢失和误插入的信元并进行可能的改正，监控用户信息中的数据错误，以及报告端到端的性能状态等。除了这些服务之外，CS 还负责从下一个高层中将数据分解成对分段重组（SAR）子层有用的逻辑包数据单元（CS-PDU）中。与 AAL 及其子层 CS 和 SAR 相关的过程如图 6.9 所示。



分段重组子层 分段重组 (SAR) 子层负责将高层信息分段, 分成适于 ATM 信元的 48 字节净荷字段; 或进行相反操作, 为下一个高层重组信元净荷信息。在从 AAL 1 到 AAL 4 的 AAL 进程中, SAR 子层将数据加到传输到 ATM 层的 PDU 上。上述图 5.31 中描述了 SAR-PDU。

ATM 层

ATM 层负责在相邻结点之间和在 AAL 与物理层之间进行数据传输。在 AAL 与物理层之间的数据传输过程中, ATM 添加 (或删除) SAR-PDU 的 5 字节的信头信息。除了传输数据之外, ATM 层还负责对信元进行多路复用和多路分解, 在物理层形成单一的信元流。图 6.10 显示了 ATM 层和路由之间的关系。

5 字节 ATM 信头的主要功能是标识信元属于哪个虚拟连接。包头 (如用于纠错和流量控制的序列号和可丢弃标识符字节) 的传统功能被去掉了。这意味着 ATM 交换机能够很快地处理信元, 排除了在交换吞吐量增加时的排序延迟。

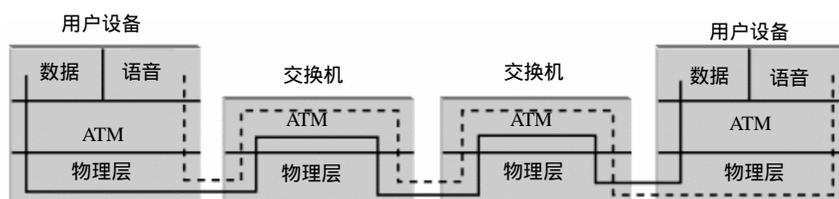


图 6.10 ATM 层和路由

每个 ATM 信元含有一个 48 字节的信息段。小的信息段的使用在减少交换机缓冲器所需的排序延迟的同时, 降低了交换机必须支持的内部缓冲器的数目。这就使得 ATM 交换机能很快地处理信元, 从而降低了等待时间, 提高了吞吐量。

与 X.25 网络不同, ATM 不支持在连接基础上的纠错和流量控制。这意味着如果物理链接引入了比特错误, 或者暂时超载而导致了信元丢失, 那么将不采取任何措施。ATM 网络不支持 ARQ, 即不允许点到点物理链路一端的结点请求物理链路另一端的结点重传丢失或被破坏的信元。

有两个原因使得 ATM 网络不必支持这些功能:

- ▶ 基于光缆的数字传输设施的引入, 已经创造了一个相对无差错的传输环境。较少的传输错误意味着网络可以减少对纠错的需要。
- ▶ 工作站运行了像 TCP 这样可以进行纠错和重传的高层协议。因为 ATM 网络只关注交换信元而不考虑纠错, 所以在每个交换结点的信元吞吐量大大增加了。

物理层

物理层定义了信元如何通过网络进行传输,包括物理接口、媒介和信息速率等。物理层也定义了信元如何根据媒介类型转换为线路信号。

物理层包含两个子层:传输汇集(TC)子层和物理介质相关(PMD)子层。

传输汇集(TC)子层 TC子层将物理介质上的定时比特流和ATM信元进行相互转换。传输时,TC子层基本上把信元映射为时分多路复用(TDM)帧格式(或底层适当的物理协议)。接收时,TC子层或者直接从TDM帧格式,或者借助ATM信头的信头差错控制(HEC)信息,在收到的数据流中描绘出单个的信元。

HEC码能够纠正信头中的任何单比特错误,还能够检测多种形式的多比特错误。TC子层在传输时产生HEC,并使用它来判断接收到的信头是否有错。如果在信头中发现错误,则将收到的信元丢弃。由于信头告诉ATM层如何处理信元,所以信头无任何差错是很重要的。否则,这个信元可能被传送给错误的用户,或者无意中激发了一种在ATM层不希望发生的操作。

当信元被直接映射到TDM净荷时,TC子层还使用HEC为它们定位。当被检测到的5个字节不是信头的一部分时,HEC就不会与信元净荷中的随机数据相匹配。这样,HEC可以用来在接收到的比特流中查找信元。一旦几个信头被HEC定位,TC子层就知道在53个字节以后接收下个信元。这一过程被称为基于HEC的信元描述。

TC子层还可以进行信元速率解耦,也叫做速率匹配功能。具有同步信元时隙的物理介质(如DS3、SONET、SDH、STP和基于光纤信道的方法)需要这项功能,而异步介质(如FDDI和PMD)则不需要这项功能。正如下面要讲到的,表示信元要么未分配,要么空闲的ATM信头都有特定的编码方法。其他信元都根据ATM层产生的信元进行分配。发送器多路复用多个VPI/VCI信元流,如果一个ATM时隙不是立即可用,则将它们进行排队。如果到了填充下个同步信元时隙的那一刻队列为空,TC子层就插入一个未分配或空闲的信元。接收方删去未分配或空闲的信元,并将其他已经分配的信元分配给目的地址。

物理介质相关(PMD)子层 B-ISDN协议栈的最底层是惟一的完全介质相关的一层。物理介质相关子层负责在物理介质上正确地传输和接收比特流。这一子层必须保证接收端具有良好的比特定时重构功能。因此,插入所需的比特定时信息和线路编码是发送方对等实体的责任。

练习

1. ATM 信头的哪个字段用来标识该信元所属的虚通路？
2. ATM 信元由什么组成？
3. 采用面向连接的网络，其优势是什么？
4. ATM 协议栈由 3 层组成，这 3 层对应于 OSI 模型的哪两层？
5. AAL 的哪一进程也称为 SEAL？
6. 使用信元交换技术的广域网协议是：
 - a. 帧中继
 - b. ATM
 - c. ISDN
 - d. SMDS
7. 描述 3 种交换技术传送模式。
8. 描述 ATM 的 AAL、ATM 层和物理层所提供的服务。
9. 为什么 ATM 适合于多媒体传输？

补充练习

浏览 3Com 网站：<http://www.3com.com/atm/>，查看关于 ATM 技术的白皮书。查看本节提到的产品。

第二节 ATM 的实现

ATM 利用信元以多种方式通过局域网、城域网和广域网来路由信息。本节描述了 ATM 设备如何通过网络来路由多媒体信息。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 理解 ATM 如何使用虚通路（VP）和虚通道（VC）
- ▶ 理解如何通过 ATM 进行多媒体通信
- ▶ 了解为什么 ATM 设备可以用于多种类型的服务
- ▶ 举例说明 ATM 网络配置

关键知识点

- ▶ ATM 提供了传输时间敏感信息的服务。

虚通路和虚通道

类似于传统的局域网包，信元中的每个信头包含寻址信息。但是，与特定的目标寻址不同，信元中的每个信头包含了指定转发信元必须经过的虚拟连接的两个字段——虚通路标识符（VPI）和虚通道标识符（VCI）。VPI 和 VCI 一起定义了一个路由字段，该字段为 ATM 交换机提供了传输每个信元所需的路由信息。图 6.11 显示了这种虚拟连接。

VC 是一种在两个或更多端点之间传送 ATM 信元的通信线路。VC 的端点可以是用户到用户的连接、用户到网络的连接，也可以是网络到网络的连接。ATM 信元的发送点或较高层上的接收点被认为是 VC 的终点。

当同一条传输路径上的多个 VC 均发往相同的目的结点时，它们可以被组合成一条虚通路（VP）。VP 是 VC 的集合。考虑到 VP 在电话网络上执行与干线相同的功能，VP 允许大量 VC 捆绑在一起，以便于在两台 ATM 设备之间传输。

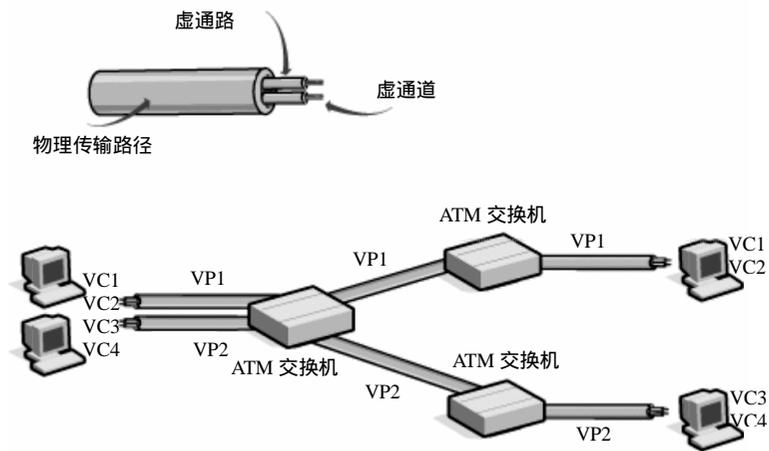


图 6.11 虚通路 (VP) 和虚通道 (VC)

运行中的 ATM

ATM 交换机接收用户的数据、语音和视频，把它们分割成固定长度的信元，并将它们多路复用到通过物理介质传输的单个比特流中。多媒体应用中的一个例子是约翰（一个用户）需要将他的一本书的重要手稿发送给出版商。图 6.12 显示了这个实例中 ATM 所起的作用。在此例中，约翰坐在自己的工作站面前。他的工作站有一个 ATM 接口卡、带有麦克风的声卡和摄影机。这个工作站被连接到本地 ATM 交换机，而这个交换机又连接到一个基于 ATM 的公用广域网，出版商也连接到此广域网上。

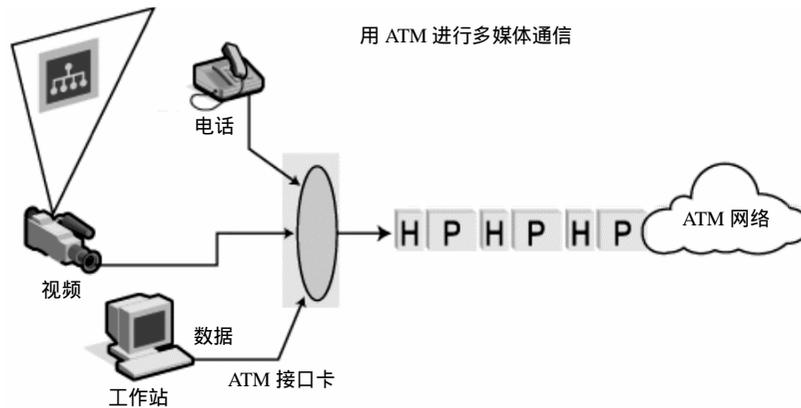


图 6.12 ATM 应用示例

约翰向出版商发出了一个多媒体呼叫,开始发送他的手稿数据,并开始与出版商对话,这就是分别提供的实时的文本、语音和视频通信。在此期间,约翰和出版商可以彼此看到对方的面部。出版商在他的工作站上浏览约翰的手稿并始终和约翰进行对话。我们来详细分析这种情况。

视频和语音对时间非常敏感。信息的延迟不能超过一眨眼的时间,并且延迟不能有明显的变化。约翰面部的视频图像的破坏或语音的失真会影响交互。多媒体应用的质量应接近现实。数据可以以面向连接或无连接的模式发送。在任何一种模式中,数据都不像语音和视频通信那样对延迟很敏感。数据通信对信息丢失非常敏感。因此,ATM 必须区分数据、语音和视频通信流量,给语音和视频流量优先确定有限的延迟,同时保证数据通信流量丢失很少。在上述例子中,约翰与出版商之间建立了一条 VP,通过这条 VP,为文本数据、语音和视频定义了 3 条 VC。图 6.13 显示了这 3 种类型的通信流量是如何通过一个单一的 ATM (VP) 组合起来的,其中不同的 VC 被分配给文本数据 (VCI=1)、语音 (VCI=2) 和视频 (VCI=3)。

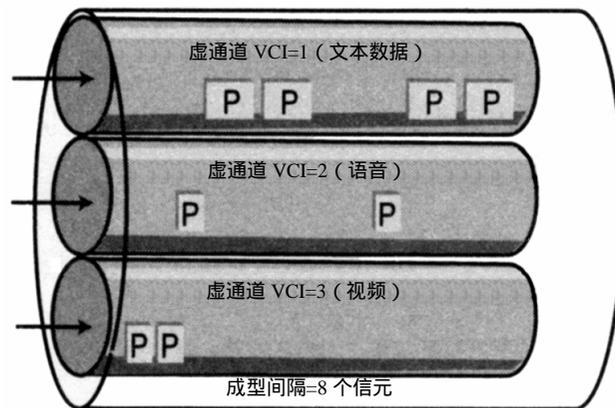


图 6.13 ATM 虚通道

工作站包含 ATM 接口卡,它上面的削波器把数据流“切割”成 48 字节长的数据段。下一步,邮递员通过给净荷添加 VPI、VCI 前缀并预留 5 字节的信头字段来标注净荷的地址。结果形成了来自语音、视频和文本数据源的 53 字节的 ATM 信元。这些信元独立地从各个数据源产生,这样在连接到工作站的接口上就会有信元分段时间内的互相竞争。文本、语音和视频各自被赋予一个虚通道连接(VCC):VCI=1 给文本数据,VCI=2 给语音,VCI=3 给视频,它们都在 VPI=0 上。这是一个大大简化了的例子,其实通常在一个 VPI 上远远多于 3 个被激活的 VCI 值。

再考虑上面的图 6.13,约翰的终端是如何发送混合的语音、视频和文本数据的?在他

的终端上的设备把要传输的数据按照 8 个信元的间隔成型 (以 DS3 速率大约是 $80\mu\text{s}$), 通常允许 1 个语音信元, 接着是 5 个视频信元, 最后是剩下的 2 个文本数据信元传输。这对应于大约 4 Mb/s 的高保真度语音、24 Mb/s 的视频和 9 Mb/s 的文本数据。在每 8 个信元的间隔内, 语音、视频和文本以上述比例发送, 在这个过程中, 所有的数据源 (文本、语音和视频) 会争用带宽。如果在信元成型的间隔中, 所有的信元时隙都满了, 信元就被保存在缓冲区内。实际应用中, 通常用大得多的成型间隔来提供更大的带宽分配灵活性。

ATM 通信

当建立起 VC 之后, ATM 信元可以在源地址和目的地址之间传输。因为 ATM 不是网络层协议, 所以不会产生信元路由。在网络的每一点, 对每个信元的处理是单独进行的, 不需要将信元组合起来, 也不需要通知对方收到信元。ATM 交换机简单地查看信头是否是无错的, 检测其地址, 并继续传输信元。这使得 ATM 成为很有效的协议。由于一个单独的呼叫中所有的信元通过同样的路径传输, 因而信元以如图 6.14 所示的有序格式到达目的结点。

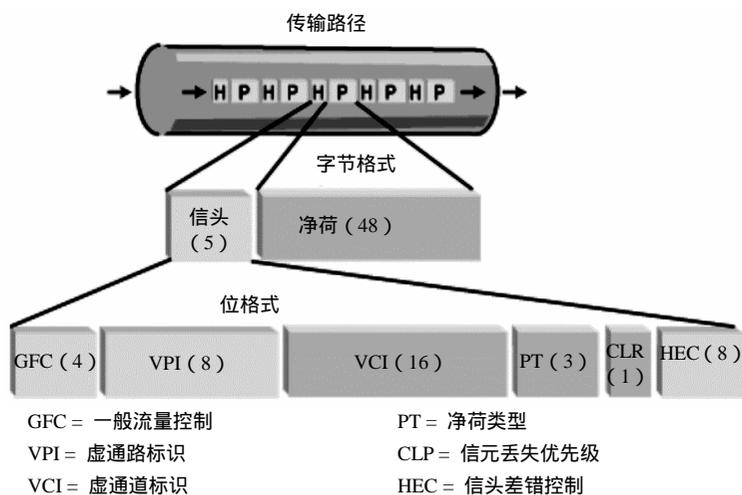


图 6.14 ATM 信元传输和格式

除了信元处理之外, ATM 网络设备必须在传输协议的物理层 (如 T3 或 SONET) 上对信元进行多路复用和多路分解。

基于 SONET 的 ATM

传输汇集子层与 ATM 接口的一个例子是 SONET。ATM 既可基于 SONET 的 3 级级联同步传输信号 (STS-3c) (155.520 Mb/s), 也可基于 STS-12c (622.08 Mb/s)。图 6.15 显示了 53 字节的信元是如何映射到 SONET STS-3c 帧上的。

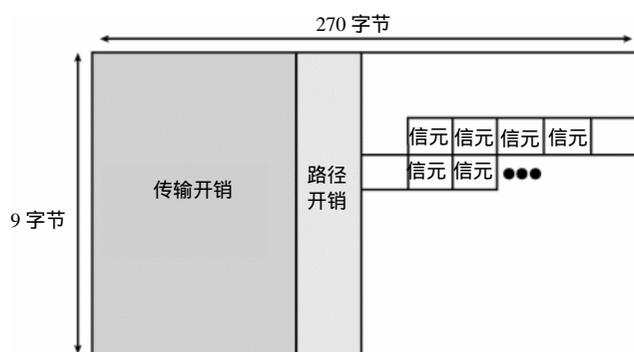


图 6.15 基于 SONET 的 ATM

SONET STS-3c 帧包含 2430 个字节, 排成 270 列, 每列 9 字节。净荷字段包含 270 个 9 字节长的列。由于 2340 不是 53 的倍数, 因而信元可以跨过同步净荷信包 (SPE) 边界。STS-3c 可以携带 44 个以上的 ATM 信元。与虚拟从属终端 (VT) 不同, 53 字节的信元作为 53 字节的块以水平格式被映射到 SPE。

ATM 局域网 / 广域网解决方案

当采用 ATM 产品作为局域网或广域网解决方案时, 通常用它们来加速网络主干和传输不同类型的业务。早期的、老的数据服务与新的多媒体服务需要组合在同一基础设施上。各种 ATM 设备可以通过 ATM 网络主干来组合这些业务。

ATM 产品应当能够通过交换机和高速 ATM 广域网, 将来自本地工作组的语音、视频和数据业务组合起来。ATM 产品应当提供对最新的 ATM 标准 (非专利技术) 的支持, 并为专用网络、公用网络和混合网络的解决方案提供传输工具。

ATM 产品必须能够无须对现有设备进行昂贵的升级就可以为数据、语音和视频网络提供接口, 而且不需要为这些网络为其最终用户提供的服务进行折中。ATM 产品必须提供与各种已有网络的本地接口, 这些网络包括:

- ▶ 本地 ATM
- ▶ 以太网
- ▶ 帧中继
- ▶ PBX 设备
- ▶ T1/E1 多路复用器

图 6.16 显示了如何将有关产品组合成专用企业广域网。这个广域网可以很容易地连接到公用电信服务。

由于 IBM 主机可以通过以太网连接到接入设备，因而这个网络可以支持以前的服务。通过 PBX 方式也可以将语音业务连接到具有到其他建筑物和网络的 OC-3 广域网接口和园区网接口的这种设备上。接入设备还可通过 T1 和 E1 接口提供视频传输服务。

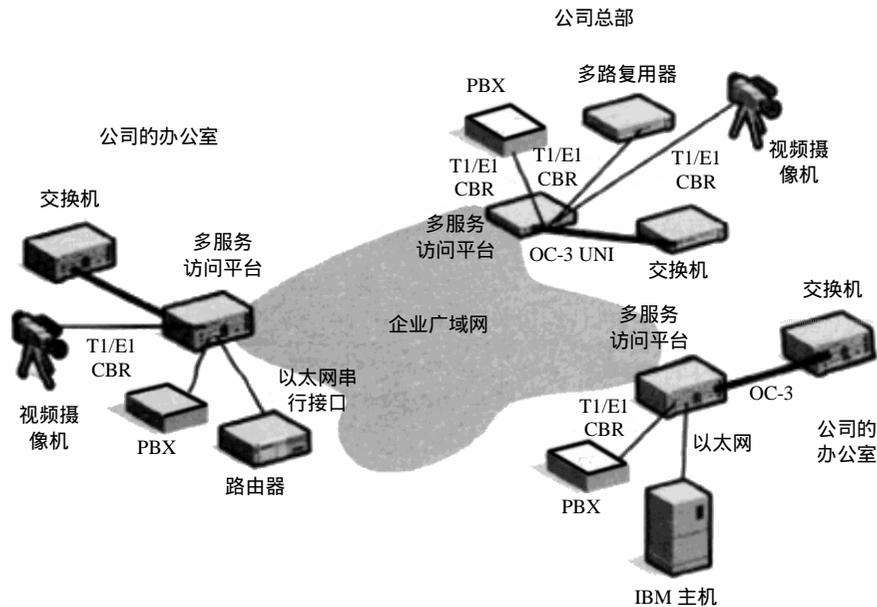


图 6.16 网络示例

练习

1. 描述 ATM 是如何使用 VP 和 VC 的。
2. 画出采用 ATM 的下列配置的网络：
 - a. ATM 作为主干

- b. 在广域上的 ATM
- c. ATM 到桌面计算机

补充练习

描述通过 ATM 网络连接的从一个 IP 进程到另一个 IP 进程的信息流，必须包括对以下各项的描述：

- a. 数据包到 ATM 交换机
- b. ATM 层和如何分割数据包
- c. ATM 信元到发送站的物理层
- d. ATM 网络到网络连接
- e. 通过 ATM 网络的 ATM 信元
- f. 接收计算机上从物理层到 IP 层的 ATM 信元

第三节 ATM 设备

标准广域网设备不能用于实现 ATM 网络，这是由于 ATM 是面向连接的技术。无连接的广域网设备一次只能转发一帧数据；与此不同，ATM 设备必须互相协作来建立、保持和释放虚电路。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 理解 ATM 网络是如何建立的
- ▶ 描述 ATM 路由器、DSU/CSU、网络接口卡（NIC）和交换机的功能

关键知识点

- ▶ ATM 可提供高速、面向连接的信元交换服务。

ATM 设备分类

构建 ATM 网络的设备可以分为以下 5 个独立的种类：

- ▶ 路由器
- ▶ DSU
- ▶ NIC
- ▶ 交换机
- ▶ 智能集线器

路由器

当连接到 ATM 交换机时，路由器获得局域网包并将数据帧变换为 ATM 信元。路由器也可以从 ATM 交换机中获得信元，将信元变换为局域网帧，并将帧传输到正确的局域网网段。图 6.17 显示了这种关系。

重要的是，路由器交换包，而不是信元。数据只有在到 ATM 交换机的接口上重新组成信元，或将信元恢复成数据。结果是路由器作为 ATM 接入设备允许非 ATM 局域网连接到 ATM 网络。

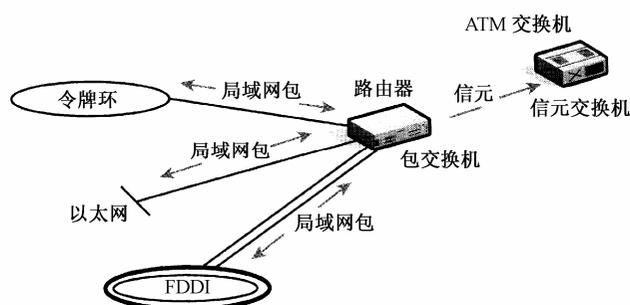


图 6.17 ATM 和路由器

CSU/DSU

ATM DSU 使用 ATM 数据交换接口 (DXI) 将局域网包转换为信元, 使路由器 (无需硬件 ATM 接口) 连接到 ATM 交换机成为可能。这种概念如图 6.18 所示。ATM DSU 要求局域网路由器使用 DXI, DXI 在数据终端设备 (DTE) 与 ATM CSU/DSU 之间创建可变长度、基于帧的 ATM 接口, 将局域网包进行格式化。然后, DSU 将信息变换为固定长度的 ATM 信元。

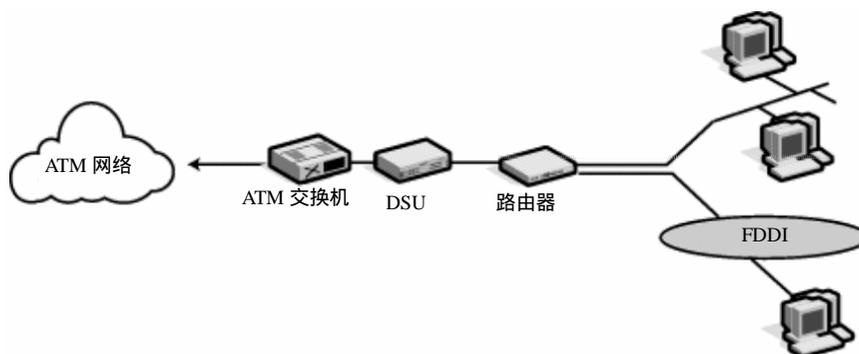


图 6.18 有 DSU/CSU 的 ATM 和路由器

NIC

ATM NIC (适配器卡) 提供了桌面计算机的 ATM 连接。它适用于大多数高端系统和 PC。信元直接从工作站传输到 ATM 交换机, 并传输到网络上。图 6.19 显示了 ATM 网络中 NIC 的使用。

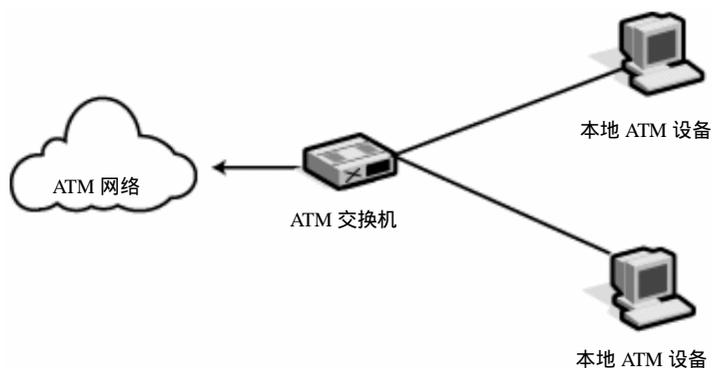


图 6.19 ATM NIC

交换机

交换机是 ATM 网络的基本组件。ATM 交换机用来在其输入端口和输出端口之间路由信元。ATM 交换机还必须缓冲数据，且在有些时候传输头地址信息。有两种不同类型的 ATM 交换机：

- ▶ 虚通路交换机（VP 交换机）
- ▶ 虚通道交换机（VC 交换机）

VP 的路由通过 VP 交换机完成，VP 交换机的功能是同时路由多个 VC。VP 交换机的目的是为了实现在其中一组经多路复用的 VC 在同一条路由上进行交换的城域网和广域网。

虚通路标识器（VPI）将每个 VP 和其他网络上共享同一条传输路径的 VP 区分开来。传输路径是两个 ATM 设备之间的物理层点到点链路。VPI 只有在本地才有意义，因为当虚通路连接（VPC）通过不同的交换机和不同的传输设备时，特殊 VPC 所用的 VPI 也跟着发生变化。

VC 交换机路由的是单个的 VC。因为 VC 包含在 VP 中，因此 VC 交换机必须能够从返回的 VP 中分解出单个的 VC，并将它们交换到不同的输出 VP 中。

智能集线器

智能集线器允许 ATM 局域网可以按星状拓扑构建，各结点通过点对点链路与中心集线器相连。智能集线器有两种实现方法：

- ▶ 集线器包含所有接口卡共享的高速底板总线。ATM 接口模块在接口卡与 ATM 网络之间提供连接。
- ▶ 集线器只包含 ATM 底板。这时，ATM 通过每个接口卡与底板间的接口而使用，每个接口卡都有一个与 ATM 交换模块相连的专用 ATM 连接。

带有 ATM 底板与 ATM 交换模块的智能集线器如图 6.20 所示。

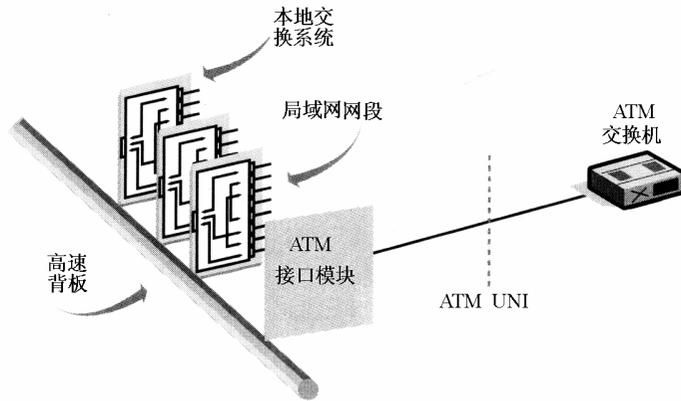


图 6.20 带有 ATM 底板与 ATM 交换模块的智能集线器

ATM 网络

ATM 可以用来作为广域网解决方案或者用于局域网环境中。图 6.21 显示了局域网环境中的 ATM。图中，ATM 交换机是“崩溃的”公司主干，它提供了基于以太网和令牌环网的终端设备之间的连接。

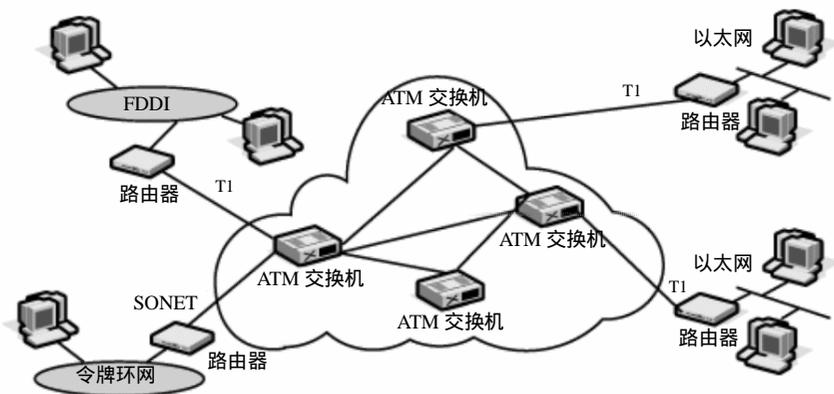


图 6.21 ATM 网络

练习

1. ATM CSU/DSU 是怎样使路由器在没有 ATM 接口的情况下用于 ATM 网络？
2. 列出并描述两种 ATM 交换技术。
3. 在计算机网络中，通常在哪里能够发现 ATM？实现 ATM 的目的是什么？

补充练习

浏览 ATM 论坛网站：<http://www.atmforum.com/>，查看关于 ATM 规范和技术目前的进展。

第四节 SMDS

交换多兆位数据服务 (SMDS) 是一种城域范围的数据服务, 只有通过本地交换通信公司 (LEC) 才能得到这种服务。SMDS 用于在单个本地接入传输区域 (LATA) 内的一个城区内, 提供不同局域网之间的连接。SMDS 是由 Bellcore 公司 (其前身是 AT & T 的一个子公司) 开发的。好几个贝尔 (Bell) 运营公司已在其所在地区可使用 SMDS 服务。

学习目标

本节结束之后, 应该能够:

- ▶ 指出 SMDS 协议栈与 OSI 模型的关系
- ▶ 描述 SMDS 最适合传送的流量类型, 并解释原因
- ▶ 解释流量是如何通过路由器和数据服务单元 (DSU) 从一个局域网传送到 SMDS 网络的

关键知识点

- ▶ SMDS 是一种无连接的信元交换服务, 其数据传输速率可高达 45 Mb/s。

SMDS 的基本特性

交换

SMDS 是一种公用交换网络, 它与帧中继类似。对于连接到它的网络来说, SMDS 没有“距离”。换句话说, 就像公用电话网络一样, 要将一个包发送到另一个连接到 SMDS 的网络, 所需的一切只不过是用户的地址。在用户的局域网看来, SMDS 就像是另一个子网。SMDS “网络云” 的所有结点对局域网用户是不可见的。

SMDS 是一种无连接的服务, 它在发送数据之前无须建立端到端的连接。SMDS 也是信元中继系统。像 ATM 一样, SMDS 也采用 53 字节的信元, 其中每个信元承载 48 字节的净荷, 但其 5 字节的信头采用与 ATM 不同的格式。

多兆位

SMDS 的性能大致与帧中继 (T1/E1 至 T3/E3) 相同, 可能与 B-ISDN 的低端有重叠。SMDS 的带宽可高达 45Mb/s, 这是因为每对 SMDS 交换机都由两条单路 T3 线路 (通常是光缆) 连接起来。

用户网络接口 (SNI)

SMDS 协议规定了用户前端设备 (CPE) 如何与 SMDS 网络连接, 其接口点称为用户网络接口 (SNI)。这个接口将用户连接到 SMDS 网络云, 通常利用 T1 或 T3 线路来实现, 如图 6.22 所示。

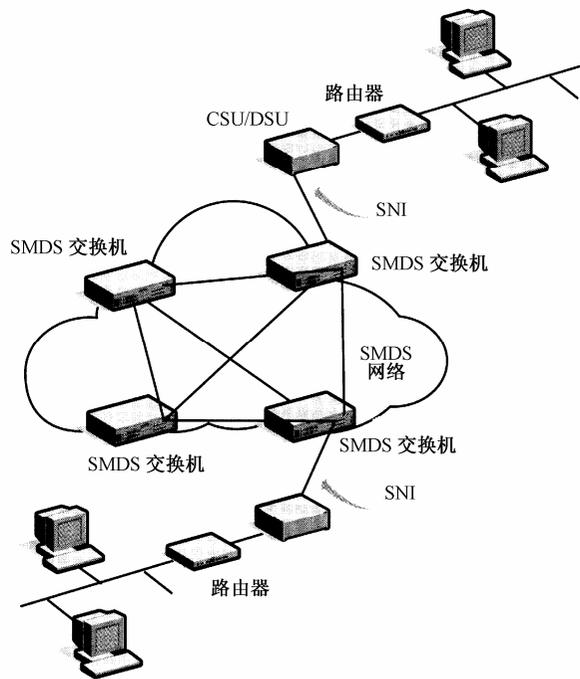


图 6.22 SMDS 网络示例

SMDS 协议

SMDS 协议是由贝尔区域运行公司 (RBOC) 根据 IEEE 802.6 城域网标准定义的。该标准最初称为队列包同步交换 (QPSX), 现在称为 DQDB。每个 DQDB 端站有两条总线, 一条用于输入流量, 另一条用于输出流量。这样, DQDB 可提供任意两个结点之间的全双工通信。但是, SMDS 网络仅支持无连接的数据流量。

OSI 模型数据链路层的逻辑链路控制 (LLC) 子层充当与 SMDS 之间的接口, 如图 6.23 所示。因此, 当 SMDS 在内部采用信元中继时, 那么它在技术上是帧交换设备, 因为 LLC 处理的是数据帧。

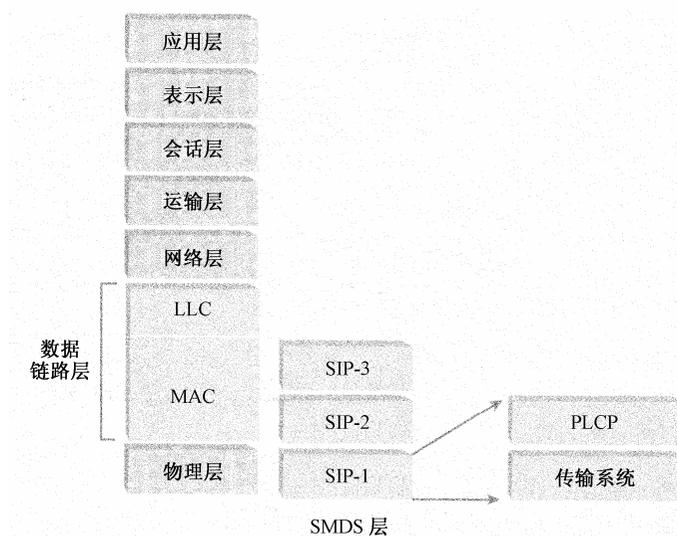


图 6.23 SMDS 层

SIP

SMDS 协议栈称为 SMDS 接口协议 (SIP), 这个协议栈由 SIP-1、SIP-2 和 SIP-3 等 3 个内部协议组成。

SIP-1 对应于 OSI 模型的物理层。SMDS 在第 1 层采用信元中继, 其 53 字节的信元与 ATM 相似, 只是其 5 字节信头的格式有所不同。

SIP-1 层又分为两个子层:

- ▶ 物理层汇聚协议 (PLCP) 子层——定义 SMDS 的 53 字节信元是如何映射到由较低子层所描述的特定传输系统的；
- ▶ 传输系统子层——描述用于 SNI 的数字载体，其中包括 DS1 (T1)、DS3 (T3)、SONET 和高速串行接口 (HSSI)。

SIP-2 对应于 OSI 模型介质访问控制 (MAC) 子层的下半部分，它定义了网络接口。在发送端，将数据帧分片，分成 53 字节的信元。在接收端，将单个信元重新组装成数据帧。

SIP-2 使用排队仲裁 (QA) 功能，将信元按需分配给各次数据传输。这种方法最适用于对时间不敏感的无连接传输。

SIP-3 对应于 OSI 模型 MAC 子层的上半部分，它从上层协议传输数据，且负责纠错和数据寻址。SIP-3 的数据单元是 PDU，其长度可达 9 188 字节。

DXI

SMDS 利益集团 (SIG) 建立了数据交换接口 (DXI) 协议，在路由器与接入 SMDS 网络的 DSU 之间提供标准的接口。DXI 只用于在路由器与 CSU/DSU 之间传输数据，而不是所有网络都可用。SMDS 与 DXI 的关系如图 6.24 所示。

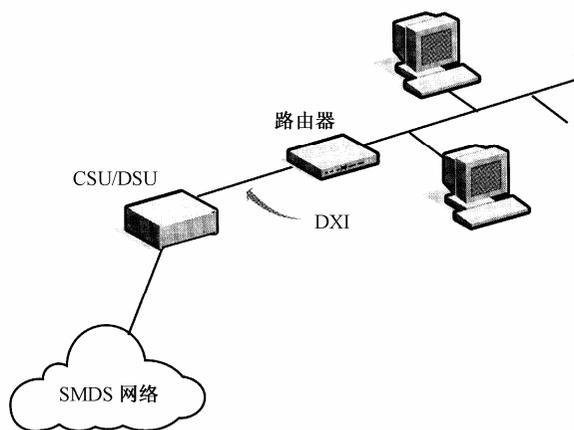


图 6.24 SMDS 与 DXI

DXI 规定了各种 SIP 层在路由器和 DSU 之间的任务分配。图 6.25 示出了与路由器和 DSU 有关的协议。由图可见，DXI 被分为 DXI 链路层和 DXI 物理层。

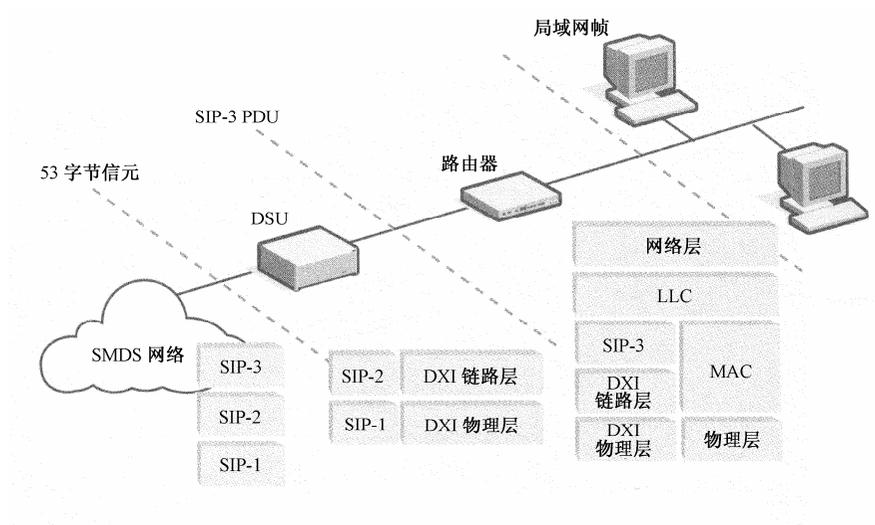


图 6.25 SMDS 网络接口点

路由器功能

当数据帧从局域网发送到路由器时，路由器就将 MAC 层协议（如以太网）变换为适于 DSU 传递的 SIP-3 PDU。DXI 链路层对头和尾之间的 PDU 进行封装，以产生一帧。此帧的目的是通过路由器和 DSU 之间物理链路传输 PDU。DXI 链路层协议是基于高级数据链路控制（HDLC）的，因而帧的格式与 HDLC 很相似。

DXI 物理层定义了路由器和 DSU 之间连接。最常用的 DXI 物理层协议是 HSSI，V.35 和 X.21。

DSU 的功能

DSU 用来接收 DXI 链路层数据帧，从中取出 SIP-3 PDU，然后转换成信元，通过 SNI 发送到 SMDS 交换机。当信元被接收后执行上述相反的过程。DSU 将信元变换成 PDU，然后封装成数据帧。数据帧通过 DXI 被发送到路由器。路由器从数据帧中取出 PDU，然后重新变换成局域网帧。上述过程如图 6.26 所示。

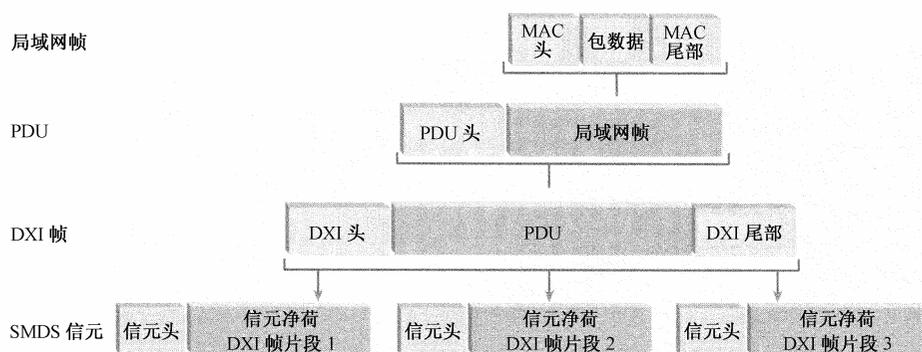


图 6.26 SMDS 封装

SMDS 优缺点

像帧中继一样, SMDS 非常适用于数据传输, 以及以多对多方式通信的城市客户机 / 服务器计算机网络。换句话说, 如果很多地点之间必须相互交换数据 (而不仅限于在家办公), 则 SMDS 是一个有效的解决方案, 特别是数据传输速率高于 T1 时成本效益很高。

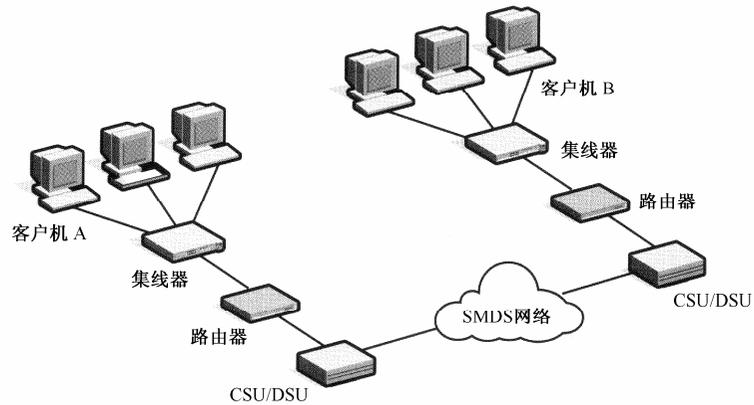
SMDS 的市场份额正在下降, 其最大吞吐量很难突破 45 Mb/s。这使得它只适用于已经采用 T1 电路的企业。SMDS 对于跨越 LATA 边界的广域网来说不是一个好的选择, 这是由于 1984 年修正的最终判决 (MFJ) 给 LEC 强加了一些限制。该法案规定 SMDS 仅限于提供城域范围的服务, 这对想在其 LATA 以外交换数据的企业用户来说没有吸引力。要用 SMDS 构建这种 LATA 之间的网络, LEC 就必须与长途交换公司 (IXC) 协作。

虽然 SMDS 是基于信元的技术, 但它对于交互式实时视频或语音以及付费电影来说运行得不太好。这是因为 SMDS 是无连接的技术, 当数据以相同长度的信元传输时, 不同的信元可能经过不同的路径, 这就会在目的端引起延迟。SMDS 无连接服务的方式不能保证每一个信元的准确传递, 而这对语音和视频通信是必需的。因此, 不管其吞吐量的潜力有多大, SMDS 最适合的还是数据传输。

练习

1. 列出图 6.22 中各物理层标准及其有关的线缆类型。

2. 对于图 6.22 中示出的各种设备，列出它们所提供的服务。
3. 根据下图，描述信息从客户机 A 到客户机 B 或者从客户机 B 到客户机 A 传输的过程，并讨论各设备及广域网采用了哪些协议。



补充练习

将下列协议与 SMDS 进行比较。根据建立连接的方式，帧或包的大小和类型，以及适用范围，描述它们之间的异同。

- a. X.25
- b. 帧中继
- c. 点对点 T1
- d. ISDN
- e. 点对点协议 (PPP)

第五节 网络范例

本节概述了目前使用的网络。其中示例的公司局域网的主要功能包括：共享文件，共享设备（如打印机），访问客户数据库和项目跟踪数据库，从公司广域网获取 E-mail 和远端共享文件，访问 Internet 和公司 Intranet，以及远程拨号接入等。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 理解在中型企业中如何混合使用 T1、帧中继和 ATM
- ▶ 了解企业的通用连接策略

关键知识点

- ▶ 大多数网络包含有多种局域网技术和广域网技术。

网络在机构中的作用

这里的示例公司是基于项目的，它为局域网、广域网和城域网的物理层、第 2 层和第 3 层设备进行设计、安装和维护。网络提供对每年约 3 500 个项目的跟踪。其项目来自美国西部 10 家区域性办公室和公司总部，并由他们进行管理。网络可为人力资源部进行招聘，为财务账目跟踪和报表信息。销售和市场信息是分布式的，通过 Internet 连接进行浏览，并通过公司范围的单一连接来提供 E-mail 服务。这个网络可为内部客户和外部客户提供计算机辅助设计和存档。其局域网不具有高级关键任务功能。使用网络是为了进行日常操作和通信（其中不包含任何系统在线监控），或进行直接财务生成（如购买点、呼叫中心或在线订购设置等业务）。图 6.27 描述了这个网络示例。

机构用到的主要应用程序

公司范围应用的示例网络中，主要应用程序包括 Lotus Notes、Microsoft Outlook 和 Exchange、Oracle 财务程序和 Microsoft Office 等。机构或个人为了实现特定功能，还使用其他附加应用程序，包括客户网络设计和存档用的 AutoCAD、用于销售辅助材料的桌面出

版的 PageMaker 以及设计和发布 Web 站点用的 FrontPage 等。网络操作系统 (NOS) 有 Microsoft NT 和 Novell NetWare。

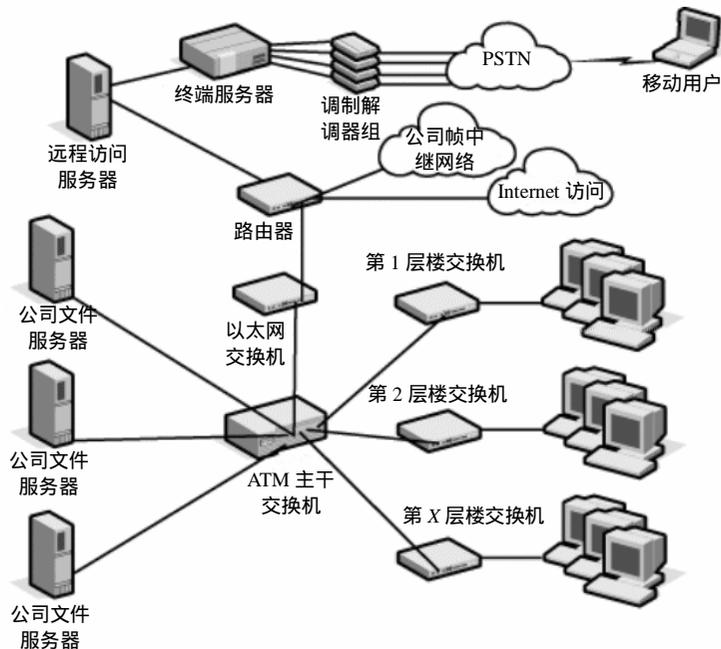


图 6.27 网络示例

通用连接策略

示例局域网的策略是为了对广域网数据流量进行最小化,并防止超过几小时的灾难性网络故障,为所有雇员提供应用程序、文件共享、打印机共享、E-mail 等通用连接。

为远程地点提供的服务可以根据雇员数量,是否具有销售功能、操作功能或者同时具有这两种功能来进行调整。所有办公室都采用拨号接入。最小的区域性办公室有连接到帧中继网络的专用 56kb/s 服务。

最初是将区域性办公室设置成连接到地区或总部办公室服务器的客户机。随着办公室雇员数量的增加或者办公室成为销售和操作中心,随着业务的增长,就要设置一些服务器,并在服务器上安装 LotusNotes 项目跟踪程序等应用程序。还要根据需要添加计算机辅助设计与存档 (CADD) 等附加本地资源。

总体广域网 / 局域网拓扑结构

这里局域网实际上是总部大楼内的园区网的一部分。有大约 50 台 Compaq IBM PC 工作站供总部雇员使用。用第 5 类非屏蔽双绞线 (UTP) 将工作站和打印机等设备连接到一台 3Com Core Builder 5000 以太网交换机的端口上。

“园区”是一座 6 层的办公楼。每层有 1 台 3Com 交换机(在图 6.7 中只显示了 3 层)。这些以太网交换机连接到 155 Mb/s 的 ATM 主干网。路由器和网关集中在大楼的较低层。

路由器将局域网连接到广域网,这是一种帧中继服务。这种局域网结构包括 TCP/IP 和以太网 802.3。路由器使用内部网关路由协议 (IGRP) 来支持 IP 和 IPX Novell 客户机。

远程办公室通过专用接入线路来连接帧中继网络。总部使用一条 T1 接入线路。远程办公室使用 0 级数字信号 (DS-0) 和 128~384kb/s 的 FT1。虚拟专用线路的 CIR 范围是 1~64kb/s。

未来的增长计划和升级策略

未来的增长计划要根据雇员数量、进展中的项目数以及办公室是否要提供 CADD 等,围绕区域和地区办公室的规模来进行。一个重要的增长推动力是视频会议,它正被考虑用来节约参加会议人员的时间和旅行成本。根据实际的和计划的数据流量需要,广域网帧中继服务很容易进行扩充。

练习

1. 在你所在的机构中有哪些应用程序?
2. 在使用每个应用程序时,网络起了什么作用?
3. 描述图 6.27 中 ATM、帧中继和 T1 的功能。
4. 在本节的示例中,为什么都试图将广域网流量最小化?
5. 是视频会议只对某些机构适用,还是现在机构都对它有广泛需求?
6. 视频会议对一个机构有什么好处?

补充练习

使用以下用户数目、服务商和技术,画出网络图。

-
1. 通过使用 SONET 的 ATM 广域网将两个站点连接到起来。其中广域网是长途电话公司提供的一种服务。
 2. 每个站点包括 1 个交换式主干以太网。有 4 个工作组连接到主干交换机上，每个工作组包含它们自己的服务器和 20 台客户机。主干速率是 100Mb/s，工作组是以 10Mb/s 交换到桌面的。主干上还连接着所有的客户机都可以访问的 3 台服务器。
 3. 每个站点通过帧中继连接到 Internet。

本章小结

B-ISDN 使用一种叫做异步传送模式 (ATM) 的信元中继技术。ATM 运行于第 1 层的小信元上,而不是 T-Carrier 技术使用的大帧。B-ISDN 提供现在一般可行的 T3 和 SONET 速率。

ATM 技术在局域网、城域网和广域网环境中得到了广泛的认可。ATM 具有以很高的速率传输多种不同类型信息的能力,这使得 ATM 实际上能够处理任何一种终端用户流量。

SMDS 是无连接的信元交换服务。和 ATM 一样,SMDS 采用 53 字节的信元,每个信元承载 48 字节的净荷,但其 5 字节的信头采用了与 ATM 不同的格式。SMDS 的数据速率与帧中继相当。SMDS 不宜用于跨越 LATA 边界的广域网,因为联邦法律限定 SMDS 只能用于城域服务。

不同的高层广域网协议共同工作,可为大型和小型企业提供局域网、城域网和广域网连接。因此,通过结合不同的技术,企业就可建立跨越数十、数百甚至数千公里,服务于数千用户的低成本、高效可靠的企业网。

小测验

1. ATM 用于下列哪种情况?
 - a. 广域网
 - b. 主干连接
 - c. 桌面连网设备 (如 ATM 交换机) 的连接
 - d. 以上全部
2. ATM 可以有效地传输多种类型的信息,这是因为:
 - a. 它使用信元传输信息
 - b. 它使用 SONET 作为传输媒介
 - c. 它使用 T3 作为传输媒介
 - d. 它以无连接的方式传输数据
3. 对于 ATM 和帧中继来说,下列哪个是正确的?
 - a. 都是面向连接的
 - b. 都是为语音和数据而开发的
 - c. 都是由 IEEE 提出的
 - d. 都使用信元来传输信息
4. 使用面向连接服务的一个缺点是:

-
- a. 实时应用不能使用面向连接的服务
 - b. 面向连接服务的建立时间比无连接服务的建立时间要长
 - c. 面向连接的服务不能有效地传输多媒体通信流
 - d. 面向连接的服务传输信息的速率比较低
5. ATM 的 ATM 层用来：
- a. 将网络层协议映射到 ATM 信元中
 - b. 将传输层协议映射到 PDU 中
 - c. 将信元映射到网络介质上
 - d. 将传输前的 ATM 报头添加到网络中的下一个结点
6. ATM 适配层可分解为哪两个子层？
- a. AAL 和汇集层
 - b. 汇集层和 ATM 层
 - c. 汇集层和分段重组层
 - d. AAL 层和 ATM 层
7. ATM 报头中的 VCI 是用来识别：
- a. 虚通道
 - b. 虚电路
 - c. 虚拟通信
 - d. 有效信道
8. 关于 ATM，下列哪个是正确的？
- a. 虚通路可以包含多个 ATM 网络
 - b. 虚电路可以包含多条虚通路
 - c. 虚通路可以包含多条虚电路
 - d. 永久路径可以包含多条虚电路
9. 下列哪个不是网络传送模式？
- a. 同步传送模式 (STM)
 - b. 分组传送模式 (PTM)
 - c. 异步传送模式 (ATM)
 - d. 帧传送模式 (FTM)
10. 定长信元提供：
- a. 高效率交换
 - b. 时间敏感通信流的优先权
 - c. ATM 交换机设计的简化

- d. 以上全部
11. 下列哪种技术不会被考虑用来在几个站点之间进行语音通信？
- a. TCP/IP
 - b. 帧中继
 - c. ATM
 - d. 租用线路
12. 隧道的概念是指：
- a. 将信息放置在 IP 数据包中，以便在 Internet 上传输
 - b. 将 IP 数据包放置在 PPP 数据包中，以便在 Internet 上传输
 - c. 将 IP 数据包放置在 IPX 数据包中，以便在 Internet 上传输
 - d. 为了安全的目的使用 Internet
13. 下列哪种协议被认为只是物理层的？
- a. ATM
 - b. T1
 - c. IP
 - d. 帧中继
14. 下列哪种协议最初是用于多媒体的？
- a. 帧中继
 - b. T1 和 T3
 - c. ATM
 - d. SONET
15. FRAD 可能是指：
- a. 在帧中继网络上传输语音技术的设备
 - b. 使用帧中继来连接局域网的路由器
 - c. 提供从 ATM 到帧中继的接口的交换机
 - d. 帧中继的一种应用
16. X.25 提供的服务是：
- a. SVC
 - b. PVC
 - c. 虚拟连接
 - d. 物理连接
17. 管理网络中所有 DCE 和 DTE 之间连接的 X.25 协议是：
- a. LAPB

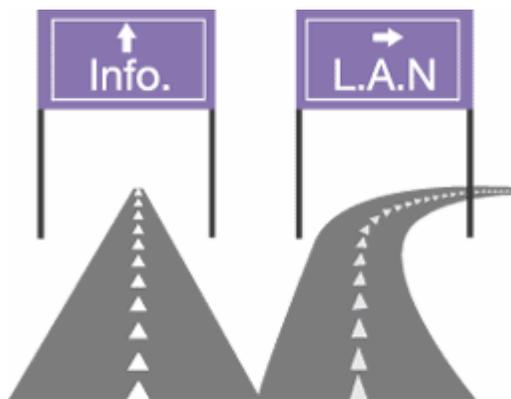
- b . LAPD
 - c . X.21
 - d . PLP
- 18 . X.25 网络中 PAD 的功能是 :
- a . 每一帧分配逻辑上的 DLCI
 - b . 同步 DTE 接收字节流, 并将它们组装成 X.25 包
 - c . 提供 PSTN 与包网络之间的接口
 - d . 从异步 DTE 接收字节流, 并将它们组装成 X.25 包
- 19 . CPE 与 SMDS 网络之间的接口称为 :
- a . SNI
 - b . UNI
 - c . SIP
 - e . PLP
- 20 . 提供路由器与 CSU/DSU 之间标准接口的 SMDS 规范是 :
- a . DXI
 - b . SNI
 - c . SIP
 - d . UNI
- 21 . 最初用于多媒体的协议是 :
- a . 帧中继
 - b . T1 和 T3
 - c . ATM
 - d . SONET
- 22 . 传统 PBX 使用 SNMP 和 RMON 来进行系统监视和管理。判断正误。
- 23 . VoIP 解决方案可简化网络维护和管理。判断正误。
- 24 . SMDS 最适合数据传输。判断正误。
- 25 . SMDS 支持广域网通信。判断正误。
- 26 . 之所以语音信号不能被分解为数据包, 是因为信号是模拟的。判断正误。
- 27 . 帧中继总比 T1 有效。判断正误。
- 28 . Internet 是提供广域网连接的一种便宜的方法。判断正误。
- 29 . ATM、SONET、T1 和帧中继可以在同一个网络中应用。判断正误。
- 30 . T-Carrier 安装的数量在继续快速增长。判断正误。



第七章

基于广域网技术的通信融合

- 1 语音传输技术
- 2 VoIP 网络构件
- 3 推动分组电话需求的因素
- 4 专用 VPN
- 5 PSTN 远程访问



概 述

本章讨论广域网 (WAN) 技术如何支持并实现通信融合, 语音、视频和数据等通过相同的物理网络进行传输。承载这些融合业务的广域网技术包括 ATM、帧中继、DSL 与 ISDN 等。

我们研究将 PSTN 和数据通信集成在一起的关键构件; 还考虑促进技术融合的市场驱动因素。同时还观察更多的传统 PSTN 产品, 以及它们是怎样帮助企业来满足现在与将来的通信需要的。

术语

Access Concentrator 访问集中器

在基于 IP 的语音传输 (VoIP) 网络中, 访问集中器将 IP 网络上承载的多条电话线或语音线合并在一起。

Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) 自适应差分脉冲编码调制

ADPCM 是脉冲编码调制 (PCM) 的一种形式, 它产生的数字信号比标准 PCM 速率较低。ADPCM 不对整个波形进行取样, 而只记录样值之间的差值, 其总的信号数字带宽可减小到 PCM 的一半。

Application Programming Interface (API) 应用编程接口

应用编程接口 (API) 是对应用软件到网络操作系统 (NOS) 的请求进行格式化的软件接口。像 TAPI、TSAPI 和 JTAPI 之类的电话 API, 对从应用软件到电话系统 (如 PBX) 的请求进行格式化。

Bearer Circuit 荷载电路

荷载电路是信令层次中定义的基本通信信道。在 VoIP 网络中, 荷载电路是从 PSTN 到网关或者跨越两个通信结点之间分组网络的一条特定的端到端介质流。

Call Agent 呼叫代理

见 “Media Gateway Controller (MGC)”。

Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM) 数字用户线访问多路复用器

DSLAM 是位于 LEC 的中心局 (CO) 将许多用户 DSL 链接到一条单个高速 ATM 线路的装置。

Drop-and-insert Equipment 分接 / 插入设备

分接 / 插入设备用于在某个中间结点对电路进行解调 (分接), 加入信息 (插入) 后在同一电路上传输。例如, ATM 增 / 放多路复用器 (ADM) 就属于分接 / 插入设备。

European Telecommunication Standards Institute (ETSI) 欧洲电信标准协会

ETSI 成立于 1988 年, 负责指导欧洲共同体内的电信集成, 作为单一欧洲市场计划的一部分。

Extranet 外联网

外联网是专用内联网 (Intranet) 一种范围更广的形式。外联网是紧密联合的机构之间共享的专用 TCP/IP 网络, 对一般公共用户不可用。

Frame Tagging 帧标记

帧标记是用来标识虚拟局域网 (VLAN) 网段成员的一种技术。当一帧通过网络传送时, 帧标记在帧头中加入一个唯一的标识符。

Intelligent Information (II) Digits 智能信息 (II) 数字

II 数字是与 ANI 一起使用的两位数字串, 用以识别基于 ISDN-PRI 服务的入呼叫类型。用户可根据 II 数字信息对呼叫进行检测、路由和禁止。

Intermediate Distribution Frame (IDF) 中间配线架

中间配线架是为主配线架 (MDF) 与终端设备线之间提供中间连接的设备间或设备柜。网络主干运行于 MDF 和 IDF 之间。

International Softswitch Consortium (ISC) 国际软交换联盟

ISC 推动软交换应用在世界范围的兼容和互操作。ISC 由 190 个以上通信工业成员组成, 包括服务提供商、设备销售商和软件开发商。该联盟致力于促进开放标准的形成和基于 Internet 的实时多媒体应用的互操作。

Internet Engineering Task Force (IETF) Internet 工程任务组

IETF 是负责开发和采纳很多基于 Internet 的标准的官方标准组织。

Inverse Multiplexer 反向多路复用器

反向多路复用器是将一组数据流拆分成两组或更多组数据流，以便通过多条信道进行传输的设备。

Java Telephony Application Programming Interface (JTAPI) Java 电话应用编程接口

一种采用 Java 语言的从电话到计算机的应用编程接口 (API)。

Latency 延迟

设备请求接入网络和得到允许进行传输之间的时间延迟。

Main Distribution Frame (IDF) 主配线架

主配线架是提供外部设备网络布线与室内设备布线之间连接的设备间或设备柜。例如，本地 VoIP 网络到 ISP 网络之间的连接。

Media Gateway (MG) 介质网关

MGCP MG 是一个网络结点，其功能是终止 PSTN 电路以及与路由器的连接。

Media Gateway Control Protocol (MGCP) 介质网关控制协议

MGCP 是与 H.323 标准竞争的控制和信令标准，它将大量的呼叫处理开销卸载到外部呼叫控制单元，因而不需要复杂的 IP 电话设备，从而简化了 VoIP 标准。

Media Gateway Controller (MGC) 介质网关控制器

MGC 用来控制 MG 的功能，包括呼叫和连接控制以及资源管理。

Multipoint Control Unit (MCU) 多点控制单元

MCU 是一些主机，用来协调 3 个以上采用 H.323 分组多媒体标准的终端的多点会议。所有参加会议的 H.323 终端都必须与 MCU 建立连接。

Network Control Point (NCP) 网络控制点

NCP 是软件定义网络(SDN)的一个结点，用户的 VPN 数据库就驻留在 NCP 上。NCP 一个呼叫是保留 VPN 上还是必须 VPN，这由 NCP 来决定。

Network Management System (NMS) 网络管理系统

NMS 是用来监视、控制和管理数据通信网络的综合设备系统。

Packet Telephony 分组电话

分组电话是利用无连接的分组网络(而不是公共交换电话服务)提供的语音电话服务。

Q.SIG (QSIG)

Q.SIG 也称为 PSS1, 是定义专用 ISDN 网络中用以链接 PBX 的 ISDN 信令和控制方法的 ISO 标准。

Quality of Service (QoS) 服务质量

见“Class of Service (CoS)”。

Class of Service (CoS) 服务等级

服务等级 (CoS) 又称为服务质量 (QoS), 通常用来度量一个传输服务的不同特性。从 OSI 参考模型的角度来看, 运输层的用户将 QoS 参数规定为对通信信道要求的一部分。这些参数根据应用要求来定义服务的级别。例如, 一个要求快速响应的交互应用, 对连接建立、吞吐量、转换延迟和连接优先级等将规定较高的 QoS 值。但是, 对一个文件传输应用来说, 它更需要可靠、无差错的数据传输, 因而对剩余差错率要求较高的 QoS 值。

Remote Monitoring Specification 远程监控 (RMON) 规范

RMON 规范是一组 SNMP 管理信息库 (MIB), 用来对位于 OSI 模型数据链路层的局域网进行仪器检测、监视和诊断。RMON 是一个用于远程管理网络的简单协议。

Resource Reservation Protocol (RSVP) 资源保护协议

RSVP 是一个新的 Internet 协议, 其目的是使 Internet 能够支持规定的 QoS。

Session Initiation Protocol (SIP) 会话发起协议

SIP 是一个 OSI 模型的应用层协议, 用于通过基于 IP 的网络进行会议和电话会话的建立、修改和终止。SIP 比 H.323 速度更快, 可伸缩性更大, 而且更易于实现。

Simple Gateway Control Protocol (SGCP) 简单网关控制协议

SGCP 是 Bellcore 创立的一个协议和体系结构, 用来为传统 PSTN 语音网络与包交换 IP 网络之间提供接口。SGCP 工作在 OSI 模型的数据链路层 (第 2 层)。

Simple Network Management Protocol (SNMP) 简单网络管理协议

SNMP 是一个 TCP/IP 应用层协议，用来在 TCP/IP 网络上发送和接收有关网络资源状态的信息。数据网络常常能支持 SNMP 功能，而传统的语音网络不能。

Software Defined Network (SDN) 软件定义网络

SDN 是 AT&T 的语音虚拟专用网 (VPN) 服务，它通过私有运营商拥有的共享线路提供专用语音网络服务。

Telephony Application Programming Interface (TAPI) 电话应用编程接口

TAPI 是由 Microsoft 和 Intel 于 1993 年提出的应用编程接口 (API)，用来给 Windows 系列产品添加电话性能。

Telephony Gateway 电话网关

电话网关是经过专门装备的计算机或路由器，用来在电话网络和 IP 网络之间提供接口，将语音电话呼叫转换成 IP 数据，或者将分组化的呼叫转换成标准的电话信号。

Telephony Server Application Programming Interface (TSAPI) 电话服务器应用编程接口

TSAPI 是由 Novell 和 Lucent 开发的一种 API，它允许以局域网连接的 CTI 应用程序由第三方控制。在这种 API 中，电话系统与局域网上的服务器之间的数据链路，为局域网上的电话应用程序提供了控制各种电话和计算机功能的能力。

Tunneling 隧道

隧道技术使得网络协议可以将其他协议的信息放到自己的数据包内，例如：将 IPX 数据包放到 IP 数据包中。使用数据加密技术，可使数据包的安全性得到保证。

Type of Service (ToS) 服务类别

见“Quality of Service (QoS)”。

Unified Messaging 统一消息传送

统一消息传送也称为综合消息传送，它允许用户从一个中心位置以所有的消息源（语音、E-mail、传真和语音邮件等）进行接收、发送和交互。

Virtual Local Area Network (VLAN) 虚拟局域网

虚拟局域网 (VLAN) 是大型局域网中的一组计算机, 它们看起来就好像是连接到它们自己的小型专用局域网一样。我们使用专门的交换机和软件来构建局域网, 可以将计算机分配到不同的 VLAN, 而不用改变它们的物理配置。

Virtual Private Network (VPN) 虚拟专用网

虚拟专用网 (VPN) 是基于共享网络的一种连接, 它看起来好像是一条专用链路。

Voice over Internet Protocol (VoIP) 基于 IP 的语音传输

VoIP 是以 IP 分组的形式传送电话信号的技术。见 “Packet Telephony”。

Worldwide Intelligent Network (WIN) 全球智能网

全球智能网 (WIN) 是世界上最大、最先进的通信网。

第一节 语音传输技术

通信技术的发展已经使历史上彼此分开的网络和服务结合在一起。习惯上，人们使用多种网络来传输语音、数据等多种类型的通信流。将这些不同的网络合并为一个，并使用单一低成本、高效率技术支持语音和数据，一直是人们长期奋斗的目标。

尽管单一网络的想法已经产生了很多年，但是直到最近，其技术的发展才引起了市场的普遍注意。问题的关键在于了解网络和技术的可选方案，并根据具体行业决定哪一种是最好的。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 说出通过不同技术传输语音的可选方案
- ▶ 理解语音传输技术的市场推动作用
- ▶ 说出 3 种主要的可选方案及其优点和局限性

关键知识点

- ▶ 新的语音传输技术正受到人们越来越多的欢迎。

历史

设想拥有多种本地设备和国际化设备的一家大型跨国公司。每个地方都通过各种分散的网络（公用和专用电信网络）连接起来，以便实现语音、数据和视频传输业务。再设想在全美国有几个分部的一家中型制造企业。这两种情形有什么共同点？两者都是目前很多机构所具有的特点，因为他们使用多种网络、设备和技术在不同地点之间传输语音和数据业务。过去，这些机构不得不根据其通信应用程序来使用分散的网络。传统上通过公用交换电话网络（PSTN）来传输语音业务，通过专门连接的专用网络或者公用交换数据网络来传输数据。早期的数据网络通常是低速模拟连接，容易产生有可靠性问题的网络错误。每个网络连接以及在网络之间的数据流量发送都会产生费用支出。

市场的推动作用

语音传输技术的主要市场驱动力之一是需要降低电信成本。大多数企业客户正在寻求在维持质量和功能的同时削减通信成本的方式。希望的结果是降低成本，为新的应用开发网络资源，并使网络更快地对不断增长的业务需求作出反应。另外，人们对获得复杂的多媒体应用的能力感兴趣，这些应用可能通过新的大容量的基于光纤的数据网络来实现。

随着技术的发展，现在能够通过使用 IP 的分组数据网络传输语音业务。尽管这好像没有坏处，但关键是要通过 IP 方案降低成本。这是由于 IP 数据业务的价格与传统的通过交换线路网络进行的语音业务不同。在美国，IP 数据被看做特殊服务，而不作为常规电话收费项目。相反，交换线路电话费率受国家和地方政府的控制，以保护本地垄断者不受价格竞争的影响。这使得国际连接特别昂贵。

经过这么多年，电信网络已经非常可靠了。另外，站点之间进行通信的设备也变得更加智能化，能够更稳定地适应网络延迟以及对丢失数据的恢复和重送。与允许延迟的大多数数据通信不同，语音通信必须接近实时进行。这意味着必须让传输延迟和网络延迟缩短到足以让用户无法察觉。直到最近，由于语音带宽需求和与基于分组的网络有关的传输延迟等原因，分组化的语音传输仍然无法实现。

人类语音携带有大量在自然环境下的通信所必需的冗余信息，但对于通过通信网络进行的会话就不需要这些冗余信息了。对有代表性的语音样本的分析显示，在由必需的语音成分构成的典型对话中，只有 22% 是进行完全的语音表达所必须传输的。图 7.1 中表示了这些信息。其余部分是由停顿、背景噪声和重复模式构成的。

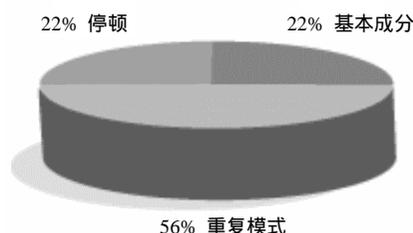


图 7.1 语音成分

分组化语音是有可能实现的，只要分析和处理语音样本的基本成分而不用对整个语音样本（包括全部相关的停顿和重复模式）进行数字化，就可获得较低的比特速率。目前的语音处理技术采用比传统编码方法更进一步的语音数字化处理方式。

基于 Internet 的语音传输

几年来,很多公司都试图投资于扩展 Internet 网络的功能,其中包含 Internet 电话的设想。这些公司提供了运行于多媒体计算机上的产品,并要求每一终端用户都使用相同的软件、类似配置的计算机(带有麦克风和声卡)和统一费率的 Internet 接入。与传统的通过 PSTN 进行的电话呼叫相比,这种设置的基本问题是通话质量低于平均水平,听起来更像是卡车司机之间的民用电台频段(CB)通信。

很多人都被通过 Internet 传输语音和进行“免费”呼叫的设想所吸引。这是一种谬误,因为还有很多相关成本,例如额外的网络容量、设备、设备升级、软件等等。

下一步的开发工作是处理网关问题。网关用来将传统的电路交换电话网络和 Internet 网络桥接起来。网关用户将语音呼叫送到服务提供商的本地“现场点”(POP)或中心局(CO)。网关在此接收到呼叫,将对这个语音信号进行授权,以便转换成数据信息,并通过 Internet(或帧中继等其他基于分组的网络)发送。网关开发出来后,就可以与营业级的电话系统互连,并提供传统的拨号、呼叫等各种功能。对于公司客户,特别是在 Internet 中进行语音呼叫传输的电信公司和其他服务提供商来说,网关是很关键的。

对很多客户而言,服务质量似乎与成本同样重要,甚至比成本更为重要。如果传统公用交换服务的价格已经降低到接近于日常应用的水平,这一点尤其正确。对财富 1000 客户(Yankee Group, 1997 年 9 月)的调查表明,对呼叫质量的影响对于那些与客户进行的“任务急迫型”(Mission Critical)通信来说将是无法接受的。呼叫质量受到可用带宽、延迟时间管理、回波消除和丢失数据包重建等因素的影响。Internet 不是为语音流量设计的,不提供特别强调这些需求的方式。但是,IETF 正在定义标准(例如允许用户保留带宽的资源保留协议——RSVP),用以改进通话质量。由于标准只是推荐性的,要将它们集成到设备和软件中可能需要相当长的时间。这些功能的广泛应用可能需要更长的时间。然而没有这些功能,语音呼叫的质量就要受到威胁。正像有质量成本一样,如果质量下降会冲击公司客户、生产效率和公司形象,则下降的质量也会存在一定的价格。

基于帧中继的语音传输 (VoFR)

帧中继是一种连接到基于分组的网络服务的高速接口标准。其动态带宽分配可支持商业环境下特有的“突发”流量。其性能通常依赖于高质量的线路,高质量的线路减少了对差错检测和差错控制功能的需要。基于帧中继的语音传输 (VoFR) 技术,为通过帧中继网

络将语音和语音频段的数据（亦即传真和模拟调制解调器）与数据服务合并提供了可能，如图 7.2 所示。

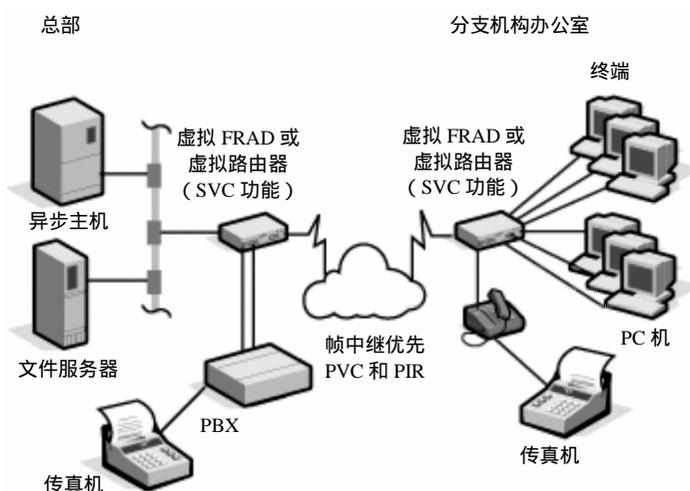


图 7.2 基于帧中继的语音传输

拥有帧中继连接的企业就像 Internet 用户一样，都想使用他们已有的 Internet 带宽。在过去的几年中，业已证明帧中继是可靠性高、可扩展且通用的数据传输方式。如果要通过帧中继发送语音信号，必须首先将其转换成数据包，可用帧中继接入设备（FRAD）完成该功能。必须将 FRAD 连接到网络中要传输或接收 VoFR 包的所有端点。有很多公司制造 FRAD。FRAD 可以是连接局域网和广域网的路由器或其他用户前端设备（CPE）。

人们期待着大多数公司都在现有传输数据应用的帧中继端口增加语音应用。在这种情形下，各公司需要用支持语音的软件和可能的硬件来升级其 FRAD（或路由器）。在新的帧中继项目中，各公司会购买支持语音、传真和数据的新型路由器和 FRAD。

在小型办公环境下，客户可以将电话直接连接到路由器或 FRAD 的模拟语音端口。更大的设置可以将专用小交换机（PBX）通过 T1 接口的端口直接连接到路由器。传真机可以直接连接到路由器或 FRAD，也可以通过 PBX 连接。

尽管传输 VoFR 的应用协议正在帧中继论坛的技术委员会等组织间进行协商，但目前还没有为厂家设备的互操作性或通过电信公司的公用帧中继网络进行的语音传输定义一致的标准和应用协议。由于缺少这种协议，很多设备制造商开发了自己的在帧中继网络中集成语音的方法。客户一定要仔细选择制造商。专有解决方案既可以使其网络具有灵活性和适应将来发展的可扩充性，也可以将其限制在一个很快就会过时的系统上。帧中继论坛

的一个主要责任就是建立 VoFR 的工业标准，以便使不同制造商的硬件和设备之间具有更大的互操作性。

通过帧中继传输语音的另外一个考虑是适当限制网络的规模。很多电信公司和 FRAD 运营商建议提高语音信道的优先级，以确保有效容量和使发生延迟的几率最小化。通过给数据和语音包指定独立的永久虚通道 (PVC)，企业可以规划其帧中继网络，以优化使用，并减少制约数据包或语音分组传输的网络拥塞的可能性。

基于 ATM 的语音传输

ATM 是用于台式机、局域网、园区主干网和广域网的通信协议集。它基于信元交换数据传输国际标准，可以通过单一虚拟网络进行语音、视频和数据通信。ATM 设计标准具有语音和数据一起传输的内在特性。因此，为什么不用这种流行技术呢？

答案在于标准和成本。不断改变的标准阻碍了 ATM 服务的真正广泛开发和实施。类似于帧中继论坛的 ATM 论坛正在努力建立通过 ATM 传输语音的工业标准。一个最大的问题是不同的厂家都要求将自己的 ATM 协议和平台版本作为标准。这种 ATM 交换机厂家之间缺少一致性的结果是很多公司不愿意投入转移到 ATM 平台所需的大量资金。另外，很多公司在推动帧中继网络的应用，而不是等待 ATM。在低带宽范围的市场上，也往往无法使用 ATM 服务。其支持的最低访问速率往往是 T1 (1.536 Mb/s)。

现实是一些企业正在通过 ATM 进行语音传输。这种技术正在推广，但是在企业标准建立和被市场接受，而且访问成本降低到可以与传统服务竞争之前，是不可能广泛应用的。

市场发展方向和趋势

使用数据网络传输语音仍然是一个新的趋势。除了 ATM 之外，Internet 和帧中继的设计都没有考虑语音传输。通过这两种方式传输语音业务的技术正在不断改进，可以说是为了适应传输介质（而不是其他方式）。另外，还存在标准的问题。尽管帧中继和 Internet 标准比较成熟，ATM 标准好像是处于不断起伏的状态。通过基于 IP 的网络来传输语音业务的技术也处于这种不断改变的状态。

随着这 3 种网络技术的发展，有一种开发类似功能（如访问速率、支持多媒体应用等）的趋势。在大多数情况下，用户的需求造成了这种改变。而现在，相对于获得所需的功能而言，公司客户更少关心使用哪种特定网络。服务供应商正在寻求技术的组合（如帧中继 / ATM 服务），这可能是满足用户需要和期望的更好方式。接下来的任务就是解决如何让

它们一起工作的问题。

语音传输技术还不是可靠而现实的服务。支持这种技术的硬件和软件还没有达到电路交换技术的可靠性水平，也达不到所需的语音质量。还有一些标准、基准要建立，还有数不清的技术细节要拟订和调整。然而在很多情况下，目前在一些大型机构和小型机构内部都在通过 Internet、帧中继和 ATM 传输语音。帧中继论坛和 ATM 论坛等组织正在继续推动这种技术的发展以及组织成员之间和产业内部标准的制订。最近，网络语音（VON）联盟宣布成立，其目的是为了联合全球有关 VON 技术的教育管理者、立法人、媒体和消费者。由于市场的推动作用，几乎每个重要的网络硬件制造商都在设计通过传统数据网络传输语音的产品。企业有必要决定何时在整个企业采用这种技术，还要决定这种技术将如何促进它们与电信发展方向的全面融合。语音传输技术确实是未来的发展趋势，并且随着时间的发展将不断完善。

练习

1. 在未来 10 年里，语音网络会发展成什么样子？
2. 在 Internet 上进行实时语音传输存在哪些问题？
3. 你将选择哪种技术用于你所在的单位的语音网络？
4. 列出并描述 3 种承载语音业务的技术。

补充练习

浏览下列网站，查看关于语音传输的信息。

- a. ATM 论坛：<http://www.atmforum.com>
- b. 帧中继论坛：<http://www.frforum.com>

第二节 VoIP 网络构件

基于 IP 的语音传输 (VoIP) 网络由一些构件组成。ITU-T H.323 分组多媒体标准规定的构件有：终端、多点控制单元 (MCU)、网关 (GW) 以及网守 (GK, gatekeeper) 等。而介质网关控制协议 (MGCP) 的基本构件包括介质网关、网关控制器、交换机/路由器与 PSTN 等。其中一些构件在所有 VoIP 网络的实现中都要用到。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 描述 VoIP 网络中的主要 H.323 构件
- ▶ 描述 VoIP 网络中的主要 MGCP 构件

关键知识点

- ▶ H.323 通过分组网络提供多媒体传输。

ITU-T H.323 标准概述

H.323 标准规定了在基于分组的网络上传输实时音频、视频和进行数据通信的构件、协议和规程。基于分组的网络包括基于 IP 或基于 Novell (IPX) 的局域网 (LAN)、企业网、城域网 (MAN) 和广域网等。

根据所传输的业务类型，H.323 的应用方式可以多种多样：

- ▶ 只有音频 (IP 电话)
- ▶ 音频和视频 (视频电话)
- ▶ 音频和数据
- ▶ 音频、视频和数据
- ▶ 多点多媒体通信 (音频或视频会议)

因为 H.323 标准提供的服务数也数不清，因而它可应用于许多领域，包括消费业、企业、娱乐业等。

H.323v1：视频电话

H.323 标准的第一版 (H.323v1) 于 1986 年 10 月被采纳，它定义了可视电话系统和不

提供服务质量 (QoS) 保障的局域网设备。可见, 第一版大大加重了局域网环境下多媒体通信的负担。

H.323v2: 基于分组的多媒体

VoIP 应用 (又称“IP 电话”) 的出现, 没有得到任何标准的指导。而标准的缺乏导致出现不兼容的 IP 电话产品, 所以急需修订 H.323 标准。

VoIP 提出了新的要求, 如需在基于 PC 的电话与 PSTN 电话之间建立通信。H.323 标准的第二版 (H.323v2) 增加了对这些附加要求的建议, 并于 1998 年月被采纳。

H.323v3: 正在开发

一些新的特性最近将加到 H.323 标准中, 形成 H.323 标准的第三版 (H.323v3)。这些新增的特性包括基于分组网络的传真、GK 到 GK 的通信以及快速连接机制等。

H.32x 系列的其他标准

H.323 标准是 ITU-T 规定的 H.32x 系列建议的一部分。该系列其他建议规定了基于不同网络的多媒体通信服务:

- ▶ H.324——SCN, 如公用电话系统
- ▶ H.320——ISDN
- ▶ H.321 和 H.310——B-ISDN
- ▶ H.322——提供 QoS 保障的局域网

制定 H.323 标准的的一个主要目的是提供与其他多媒体服务网络的互操作性。互操作性通过使用网关来实现。

H.323 网络构件

ITU-T H.323 分组多媒体标准规定了 4 种构件, 大多数 VoIP 解决方案的制造商已经采用这些构件。这些构件提供 VoIP 网络的点对点或点对多点多媒体通信服务。

- ▶ 终端
- ▶ MCU
- ▶ 网关 (GW)
- ▶ 网守 (GK)

并非每一 VoIP 网络都同时需要这些构件。而且，网守、网关和 MCU 在逻辑上都具有独立的 VoIP 网络功能。

终端

H.323 终端用于实时双向多媒体通信，它可以是 PC 或运行 H.323 协议栈的独立设备。终端必须支持音频通信，同时有选择地支持视频或数据通信。因为 H.323 终端提供的基本服务是音频通信，因而其终端在 IP 电话业务中起着关键作用。

H.323 的主要目标是与其他多媒体终端相互工作。所以，H.323 终端与遵守 H.32x 系列标准的其他终端是兼容的。

MCU

MCU 可协调 3 个以上 H.323 终端的多点会议。参加会议的所有终端都必须与 MCU 建立连接。MCU 对会议资源进行管理，在选择音频或视频编解码器 (Codec) 的各终端之间进行协调，还可以处理介质流。如果多点会议不使用 H.323 网络，那么就不需要 MCU。

网关

有时候，所有基于局域网的电话系统都需要连接到 PSTN，这就需要网关在包交换与电路交换之间转换语音信号格式。通常，H.323 网关在 H.323 网络与非 H.323 网络之间提供连接。当然，在两个相同的 H.323 网络终端之间的通信就不需要网关。

网关在 H.323 终端与 PSTN 之间提供通信。不同网络间的连接可通过呼叫建立或释放协议的转换、不同网络间的介质格式的变换以及通过网关连接的网络之间信息的传送等实现。

网关将分组化的语音转换为 PSTN 可以接收的格式。由于分组网络上语音的数字化格式通常与 PSTN 上的格式不同，网关也能互相转换格式。所以，这些设备经常称做“译码网关”。网关支持以下 4 种类型的连接：

- ▶ 模拟 (标准电话)
- ▶ T1 或 T1
- ▶ ISDN,
- ▶ ATM

网守 (GK)

网守可以看做是 H.323 网络的大脑，它是 H.323 网络内所有呼叫的焦点。网守可提供许多重要的服务，如：寻址，终端和网关的授权和验证，记账，报表以及收费等。它还可

以提供呼叫控制和语音交换服务。

网守最重要的功能是限制实时网络连接的数量，以便这些连接不会超出有效网络带宽。实时的应用在想要进行会话之前必须经过网守注册。网守可以拒绝一个会话请求，也可以降低了的数据速率批准该请求。这个功能对于视频连接是最重要的，因为视频消耗大量的带宽来获取高质量的连接。

尽管网守不是必需的设备，但如果网络上存在一个网守，则所有终端都必须使用它的服务。一个网守管理下的所有终端、网关和 MCU，称为一个 H.323 区。H.323 区可以是独立的网络拓扑结构，它可以由通过路由器和其他设备连接起来的多个网段组成。H.323 区如图 7.3 所示。

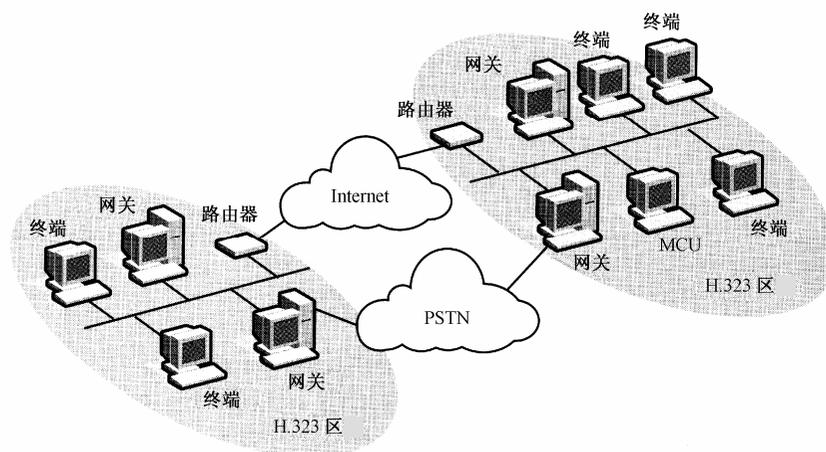


图 7.3 H.323 区

MGCP

MGCP 是由 IETF 首先提出的，它定义了呼叫网关依靠接收一个 ITU-T E.164 地址（PSTN 电话号码）来通知被叫方网守的方法。MGCP 用来从外部网关控制单元控制电话网关，这个控制单元称为介质网关控制器或呼叫代理。电话网关是一个网络单元，用来提供标准电话电路上承载的模拟音频信号与 Internet 或其他分组网络上承载的数据包之间的转换。

MGCP 假设了一个呼叫控制体系，其中呼叫控制信息都在网关之外，由外部网关控制单元处理。MGCP 假设这些呼叫控制单元（或呼叫代理）将相互之间同步，以向它们控制

下的网关发送相互协调的命令。MGCP 实质上是一个主从协议，其中所有网关都准备执行呼叫代理发出的命令。

网络构件

MGCP 网络构件包括：

- ▶ 介质网关 (MG)
- ▶ 介质网关控制器 (MGC)

MGCP 网络构件如图 7.4 所示，图中显示了这些设备及其在网络中的位置。

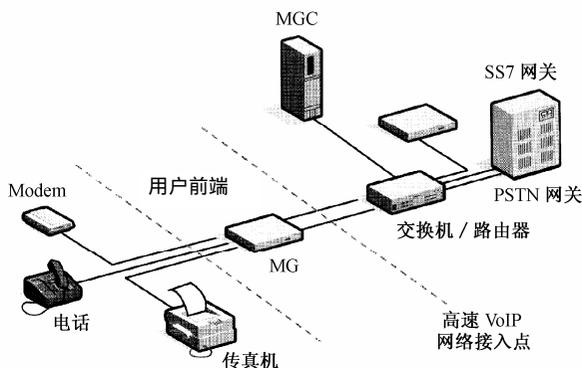


图 7.4 MGCP 网络构件

MG MG 是一个提供转换功能的网络结点，用以通过不同的传输网络承载用户信息。MG 可以是 CPE 设备、数据网络，也可以是到运营商网络之间的多媒体连接。MG 支持电路交换与分组网络之间的转换，它位于分组电话网络的边缘。MG 的组成如下：

- ▶ 端点——介质流的进出点。
- ▶ 住宅网关——提供住宅用户 POTS 线路终接的介质网关 (MG)。
- ▶ 连接——网络内不同 MG (或单个 MG) 上的端点之间的纽带，用于在这些端点之间传送数据。
- ▶ 呼叫——不同端点之间的呼叫组连接。呼叫连接可以是主动的，也可以是被动的。

MGC MGC 是保持呼叫控制信息的网络设备，它给一个或多个 MG 提供指令。在某些规范 (如 SGCP) 中，MGC 也称为呼叫代理。MGC 可以一个或多个服务器，其中有一些控制 MG 功能所需的软件和协议在运行，包括呼叫和连接控制以及资源管理。MGC 终止和启用所有与呼叫有关的信令，保存 MG 资源 (如承载电路和实时协议流) 的清单，并指导 MG 在必要时保留或释放资源。

在 H.323 网络中，MGC 执行网守的功能，也可以提供网关的一些功能。在 PSTN 中，

MGCP 驻留在运营商的交换中心 (CO) 中, 取代 5 类本地交换机的电话功能。

MGCP 呼叫控制事务

MGCP 通过一整套的事务来实现 MG 控制接口。这些事务都是由 1 个命令和 1 个管理响应组成的。其命令的类型有以下 8 种:

- ▶ CreateConnection——由 MGC 发送给 MG, 用来建立两个端点之间的连接;
- ▶ ModifyConnection——由 MGC 发送给 MG, 用来修改一个呼叫参数, 如需要的资源等;
- ▶ DeleteConnection——由 MGC 发给 MG, 用来释放一个呼叫及其资源;
- ▶ NotificationRequest——由 MGC 发送给 MG, 用来请求特定的端点事件通告消息;
- ▶ Notify——由 MG 发送给 MGC, 用来显示出现了一个特定的事件;
- ▶ AuditEndpoint——由 MGC 发送给 MG, 用来确定端点的状态;
- ▶ AuditConnection——由 MGC 发送给 MG, 用来检索一个连接的参数;
- ▶ RestartInProgress——由 MG 发送给 MGC, 用来显示一个端点启动、线路初始化、重新启动或不服务的状态。

练习

1. 一个 MGCP MGC 也称为:
 - a. 终端代理
 - b. 呼叫代理
 - c. 呼叫终止器
 - d. MCU
2. MG 也可以是:(选 3 项)
 - a. 呼叫代理
 - b. VoIP 网关
 - c. 调制解调器组
 - d. 软 PBX
3. 下列 MGCP 事务是由 MGC 还是 MG 发起的?
 - a. CreateConnection
 - b. ModifyConnection
 - c. DeleteConnection

- d . NotificationRequest
 - e . Notify
 - f . AuditEndpoint
 - g . RestartInProgress
- 4 . 简要描述下列设备 :
- a . H.323 终端
 - b . H.323 网关
 - c . H.323 区
 - d . H.323 网守 (Gatekeeper)
 - e . H.323 MCU
- 5 . 描述 MGCP MCU 的各个构件

补充练习

利用 Internet 和 Web 浏览器, 查找有关下列主题的额外信息 :

- a . H.323 终端
- b . H.323 网关
- c . H.323 MCU
- d . H.323 网守
- e . 实时传送协议 (RTP)

第三节 推动分组电话需求的因素

语音和数据正在走向融合，从而形成一个开放、基于标准的平台，这促使那些独立的软件商开发低成本、高效益的语音和数据应用程序。诸如线缆调制解调器（Cable Modem）和 DSL 之类的宽带接入技术，有望将大量的带宽推送到网络的边缘。很多电信运营商正在推出分组电话（IP 电话）业务，以此作为回避高价长途电话系统的一项关键技术。在企业中，分组电话在一些有明显增值的应用中被采用。上述几个长期的趋势，正在推动着分组电话业务的增长。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 辨别分组电话市场的推动因素和为客户提供增值的应用
- ▶ 说明基于 IP 的语音传输（VoIP）业务是如何保护公司通信基础设施投入的
- ▶ 说明 VoIP 业务如何增加语音网络的灵活性和可伸缩性
- ▶ 说明 VoIP 业务如何为新企业应用提供访问

关键知识点

- ▶ 企业对业务融合的需求，促进了新技术的开发和不同厂商设备之间的互操作。

尽管分组电话的实现目前受到一些挑战，但是下面一些长期趋势正在促进 VoIP 和基于 IP 的传真业务的增长。

开放标准，开放市场

融合、基于标准、开放的语音和数据平台，已经产生了一些低成本、高效益的语音和数据应用。例如，统一消息传送（语音和 E-mail 捆绑在一起），货物语音邮件和个人代理服务（如 Wildfire）等。

不同 VoIP 产品之间的互操作性已成为人们广泛接受该技术的主要障碍。早年建立基于 H.323 标准的 VoIP 产品的解决方案，被证明是复杂而难以实现的。H.323 支持基于包传输的端到端视频会议，因而其定义的功能远不止 VoIP 服务所需的功能。其结果，根据一个厂商对该标准的阐释而设计的产品，完全能够与其他厂商的产品进行集成。例如，如果

企业想综合 Cisco 系统公司和 Avayh 通信公司的产品，则他们期望得到的最好的互操作性是基本呼叫的建立，但其他功能只能在同一厂家的产品之间起作用。这使得很多客户只能采用单一厂商解决方案，实现起来和技术支持通常都很昂贵。

现在我们可以看到，在关心未来标准的 VoIP 厂商之间已经开始达成一些通用的协议。根据 Miercom 公司最近有关 VoIP 厂商的调查 (<http://www.mier.com>)，许多标准正朝着开放的 VoIP 解决方案发展：

- ▶ ITU-T H.323
- ▶ IETF 会话发起协议 (SIP)
- ▶ IETF MGCP
- ▶ 国际软交换联合 (ISC) 规范
- ▶ ITU-T H.248/Megaco

根据《网络世界》(<http://www.nwfusion.com>)2001 年 1 月 29 日报告的关于 VoIP 产业的调查，厂商之间压倒性的意见是 H.323 将成为企业长期的标准，而 MGCP 和 H.248/Megaco 成为运营商呼叫代理与其他网关之间使用的标准。许多厂商相信，SIP 将作为用于呼叫代理之间和呼叫代理与住宅 IP 电话之间呼叫控制的标准。这些意见表明：设备的网络位置将决定所采用的协议。

更多带宽

线缆调制解调器和 DSL 之类的宽带接入技术，有望将大量的带宽推送到网络的边沿。而且它们将有可能产生一种新型的应用提供商。例如，Media One 公司正在进行试验，将基于铜轴电缆的宽带服务作为一种更快速率的家庭 Internet 接入方式。如果该试验成功，那么这种方式也将用来提供基于分组的电话和会议服务。

电信运营商应用

在电信运营商中，分组电话作为一种绕过高价长途电话系统的关键技术正在兴起。一种新型运营商叫做 Internet 电话服务提供商 (ITSP)，它正在构筑基于分组的广域网络来承载语音业务。甚至一些传统的长途运营商也在进行基于分组的广域网试验，主要是用于其常规市场之外的服务。由于这些运营商试图建立全球范围的基于分组的电话网络，因而新的合作和联合正在形成。

企业应用

在企业中，分组电话正出现于某些应用中。开始可能是一些大型机构中的特定多媒体应用和多服务应用，如通过单一基础设施进行数据和语音一起传输。企业应用的例子有：下一代呼叫中心，新的语音日志系统，统一消息传送等。

除了节省费用之外，呼叫中心通过将所有基于 IP 的服务链接起来，还为增强客户与代理的交互提供了新的机遇。它通过开展新的服务，充分利用电话技术、PC 技术以及工作组的优势。IP 层如图 7.5 所示，图中说明了 IP 是如何支持语音、视频、E-mail 等服务的。

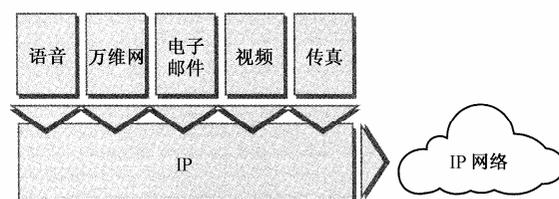


图 7.5 IP 层

语音趋于免费

迄今为止，大多数分组电话都是用来避开长途电话的。许多机构都在购买 VoIP 网关，以通过广域网将电话和数据流量合并，因此可减少长途费率很高的国家的呼叫费用。具有大型分支办公系统的机构（如银行）也在通过广域网承载语音。

VoIP 可以减少基础设施的费用。通过在数据网络上承载语音业务，许多机构可大大减少甚至免去支撑语音和数据两个独立网络的必要。因此，VoIP 用户可减少整个公司网络的 OSI 模型第 1 层的费用。许多机构还通过合并语音和数据支持部门来节省费用。VoIP 网关使得公司可保留原有的 PBX 系统，直至达到其使用寿命。

透明技术

通过包交换网络和电路交换网络交付的电话服务，正在变得越来越透明。一些分组电

话提供商通过开发较低费用的分组化语音而赢得了用户，但随着更多的长途运营商去掉限制而使价格上的悬殊不复存在，这一市场将不再会长久下去。其实，电话服务提供商可以提供多种服务质量供选择，其中每一种服务质量都对应一个适当的费用。毕竟，用户将不关心一个呼叫是如何被传送的（作为包、电路还是信元），只要该呼叫以可接受的质量和有竞争力的价格送到接收方即可。

改进的网络管理

在一个典型的机构中，技术支持人员采用独立的管理接口来管理其数据和语音设备。通常，PBX 供应商要么提供基于终端的管理控制台；要么提供一个供应商专有的管理应用程序，系统管理员用它来生成报告并监视系统的性能和运行状况。

另一方面，数据网络管理员通常使用一些开放的管理系统和代理进行集中数据网络设备管理和监控，这些管理系统和代理都是基于简单网络管理协议（SNMP）和远程监控（RMON）应用程序的。具有 IP 功能的 PBX（以及本地 VoIP 系统）为系统报警、差错监视、性能测量和系统配置提供了 SNMP 和 RMON 代理。技术支持人员通过一个集中网络管理系统（NMS），如 HP 公司的 OpenView 和 Tivoli 公司的 NetView 等，可以很容易地完成所有上面这些管理工作，同时也可管理其数据系统。

VoIP 系统可提供基于 Web 的管理控制台，技术支持人员利用它可集中管理一个单一系统或企业 VoIP 群。另外，VoIP 网关、网守和终端也可提供基于 Web 的管理接口。这些都有助于减少分散在整个企业中的供应商专有管理应用程序的数量。

VoIP 网络还可简化呼叫记账。一个网守就可以集中管理呼叫详细记录（CDR）。网络用户可以利用其账户预付费，网守可从账户上扣除其上网的时间。这就使得用户不必每月付账，从而减少了 ITSP 的开销，也就相应地减少了 ITSP 的用户要支付的费用。

网络的灵活性和可伸缩性

传统 PBX 的物理端口都对应一个特定的分机。当员工办公室发生变动时，要适应用户电话的物理移位，PBX 电缆管理和物理上的重新配置是很费力气的。而对 VoIP 网络来说，由于其中的成员资格是基于逻辑信息（即用户接口的 IP 地址）的，所以不再需要进行物理上的 PBX 配置。用户在办公地点发生变化时，只要将其电话就近插入至一个有效的网络端口即可。这有助于简化接线中心的管理工作。VoIP 还支持无线语音网络。通过采用虚拟局域网（VLAN）交换机和路由器设计网络，网络管理员可以控制网络流量和网络

安全，同时允许用户在企业范围内移动。

VoIP 连接的逻辑性质，使得用户的移动、添加和改变简单得多。对于传统 PBX，增加用户需要技术人员添加和连接额外的端口；对于 VoIP，只要在用户的新地点有数据端口，那么移动位置完全是个即插即用的事情。

VoIP 可以强化记账系统，将所有的呼叫记账功能都集中到一个中心网守或 SIP 控制器上。此外，VoIP 还可以消除网络的失效点，它采用冗余的无连接的分组通路替换专用的点对点语音电路。

新的应用

VoIP 为企业通信系统的综合开辟了新的途径。VoIP 用户可获得一个单一的通信入口，其所有的语音、数据和多媒体信息都可从这个入口进入企业网。VoIP 网络提供了一个开放的接口，它采用标准的应用编程接口 (API)，使得服务性用户可快速进行评估、测试，推出新的信息共享服务，并通过公共网络基础设施平滑地综合这些服务。用户不再受限于 PSTN 有限的服务增长潜力，相反，他们将从 VoIP 提供的日益扩展的语音服务中受益。

例如，一些计算机电话集成 (CTI) 应用程序，像自动呼叫分配器 (ACD)，已经证明了企业在综合分离的数据网络和语音网络时是很困难的，而且是很昂贵的。VoIP 利用已经用于数据的相同的协议来传递呼叫控制和语音数据信息，这样使得 CTI 可以交付经过充分综合的语音和数据。而为了提供语音驱动的交互语音响应 (IVR) 提示功能，传统的 CTI 应用程序必须作用于电话信号，如双音多频 (DTMF) 音等，并对语音输出进行数字化。

VoIP 应用就无须进行这样的模拟信号与数字信号之间的转换。如果一个呼叫者使用 VoIP 设备，则整个事务都采用分组化的数字信息来完成。为了确定呼叫信息 (如呼叫者名字、源电话号码和其他用户特定的信息)，CTI 应用程序只需“看”一下其分组的内容即可。VoIP 网守也可以在网络的边缘执行这种模拟、数字之间的转换，将分组化的呼叫者信息传送给 CTI 应用程序。不管转换过程是如何实现的，VoIP 都将这个过程从 CTI 应用程序移到了 VoIP 网络。

受益于 VoIP 网络的另一个 CTI 应用程序是统一消息传送，它是检索和发送 E-mail、语音邮件和其他来自电话或 PC 的多媒体通信等的功能。通过为所有消息提供一个通用的基于 IP 的格式，VoIP 大大简化了统一消息传送。进入的语音邮件消息作为数字化的音频文件存放在统一消息传送服务器上，可以附加到 E-mail 中转发给其他用户。在此，VoIP 也是将模拟、数字之间转换交给 VoIP 的边缘设备去处理。

练习

1. 推动对 VoIP 服务需求增加的 3 个因素是：
 - a. Internet 使用的增加
 - b. 宽带服务的有效性增加
 - c. 网络 QoS 得到改善
 - d. 可比的管制水平
2. 融合的 VoIP 网络可提供以下哪 3 个技术？
 - a. 统一消息传送
 - b. Internet 呼叫中心
 - c. ACD
 - d. 集中网络管理
3. VoIP 的 3 个好处是：
 - a. 更好的服务级协定
 - b. 减少布线需求
 - c. 减少长途呼叫费用
 - d. 集中网络管理
4. 融合的网络采用哪两个技术来减少呼叫带宽（相比于 PCM 语音）？
 - a. 按需带宽
 - b. 设备噪声产生器
 - c. 语音编码和压缩
 - d. VAD
5. 在语音网络中，采用哪 3 个数据网络管理技术和协议？
 - a. SNMP
 - b. 基于终端的管理控制台
 - c. RMON
 - d. NMS

补充练习

1. 说出 VoIP 的优点和先进性。要实现 VoIP 网络，对现有网络应进行哪些改进？查找 Internet VoIP 运营商的资料，将其费率和服务质量与本地 PSTN 服务进行比较。

第四节 专用 VPN

在电话世界里，专用虚拟专用网（VPN）是一组互连的通信系统（如 PBX）。这些通信系统由长途交换通信公司（IXC）提供，如 AT&T 公司的软件定义网络（SDN）、MCI 公司的 Vnet 服务以及 Sprint 公司的 VPN 服务等。处于每个系统范围内的人们（称为本地用户），可以与处在该网络各通信系统中的其他人交换语音和数据。专用 VPN 中的通信系统可以位于同一个园区，也可以利用国际合作伙伴提供的设备而分开放置在几千里之外。本节介绍理解专用 VPN 构建所需的一般概念。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 说明通过专用 VPN 进行电话综合时必须考虑的问题

关键知识点

- ▶ 专用 PBX 网络可通过专线承载长途业务。

专用通信网

许多机构在不同的地区有多个办公地点，此时它们通常在每个分支办公室设置一个 PBX 系统，然后利用共用交换电话网（PSTN）来处理这些系统之间的通信。这种通信方式如图 7.6 所示。

只要各地点之间的电话业务量不大，这种通信方式就能很好地工作。但是，对于具有更高水平的长途业务需求的一些公司来说，采用租用专线来连接各地办公室意义更大。这种通信方式如图 7.7 所示。

在专用网络中，不同的通信系统通过专用传输设施链接起来。这些线路/中继线既可以是模拟专线中继线、仿真 T1 专线中继线，也可以是 ISDN-PRI 中继线。

组合后的专用网络具有公用网络一样的灵活性，当一个公司需要对它进行控制时，可以采用语音 VPN。AT&T 公司的 SDN 在 AT&T 结点体系结构中是一个旗舰式 VPN 产品，它使用户可以通过 AT&T 公用交换网络设施实现公司 VPN。

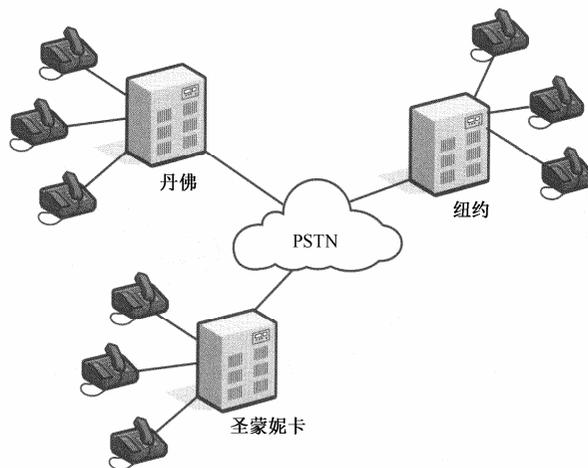


图 7.6 公用通信网

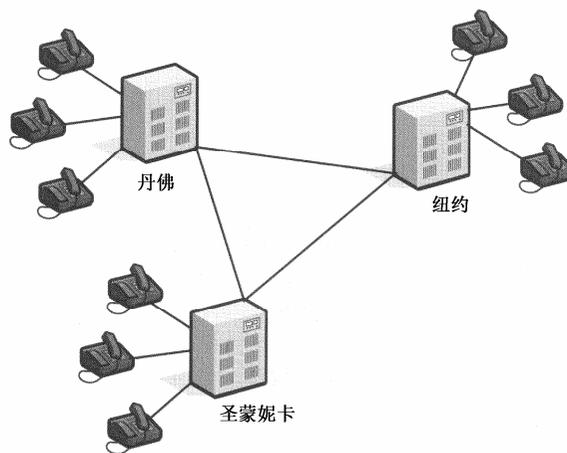


图 7.7 专用通信网

SDN 是驻留在基于 AT&T 4ESS 的交换全球智慧网 (WIN) 之上的一个用户 VPN。它提供了专用网络中通常不具备的特性和管理能力,如客户化路由选择、先进编号计划、呼叫屏蔽、授权码、远程访问、安全码以及客户化记账等。另外,VPN 还提供类似于专线所提供的传输特性,如线路调节、差错检测和通过全双工四线拨号电路的高速连接。

每个 SDN 都包含一个网络控制点 (NCP),公司唯一的 VPN 数据库就驻留在 NCP 上。该数据库确定一个呼叫是在网 (保持在 VPN 之内) 还是离网 (在这一点离开 VPN),并确

定该呼叫经过的路径。接收和处理呼叫的 SDN 服务局负责 VPN 的维护工作。VPN 服务完全支持速率达 28.8 kb/s 的模拟数据传输和 56 kb/s 或 64 kb/s 的端对端数字数据传输。

SDN 与大多数专用网络和 PBX 兼容, 因此保护了这些已有的投资。由于 SDN 不需要建立在先进的 PBX 基础上, 因而企业既可选择专用访问方式 (T-carrier 或 ISDN), 也可选择拨号访问方式。通过提供一个有效的授权码, 旅行用户可拨号访问 SDN。

不管它们是如何实现的, 专用网络都不同于世界范围的 PSTN。专用网络在一个机构之内传递呼叫, 而 PSTN 线路和中继线将呼叫传递到机构之外的本地或长途用户。一个专用 PBX 网络若实施得当, 可以大大节省费用, 提高效率, 增加用户满意度, 提高安全性, 而且增加网络的可升级性和灵活性。

节省费用

专用 VPN 既可减少长途电话开支, 又可减少租用线路的费用。通信公司根据呼叫持续时间和每天的时段来计算费用, 高峰时间的呼叫价格要比非高峰时间高得多。通信公司可以打折, 呼叫价格中还包括距离的费用。作为服务的一部分, 购买者要承诺一个在 VPN 上的最低平均业务量。每分钟话费取决于对此承诺的履行程度, 若呼叫容量低于所承诺的容量, 则每分钟话费将提高。对于具有密集通信需求 (如视频和数据) 的大型站点来说, 通过租用专线网络可能将不再节省费用。然而, 对于连接大量的小型站点、具有中等容量通信需求的小型 and 中型企业来说, 专用 VPN 可大大减少费用。

用户通过下列方式实现费用的节省:

- ▶ 公司各地点之间的所有在网呼叫都不经过 PSTN, 从而省去了长途话费。
- ▶ 离网呼叫 (即给公司以外的目的用户的呼叫) 可以使用专用网络来减少长途话费。例如, 考虑一个在西雅图和奥兰多都有办公地点的公司。从西雅图至迈阿密的一个呼叫首先通过公司网络免费传送到奥兰多, 然后由位于奥兰多的 PBX 将此呼叫传送给 PSTN, 以便路由至迈阿密。因此, 公司只承担奥兰多与迈阿密之间的长途服务费用。
- ▶ 租用中继线比全服务交换要便宜。一个公司可以从服务提供商那里订购一条点对点 T1 电路, 然后对它进行系统编程, 以获取级联的 ISDN-PRI 服务。当连网系统之间的距离太大而使信号失真时, 电信服务提供商会为中继线提供放大 (中继器)。但是, 服务提供商不再提供比这费用更高的交换服务。
- ▶ 现有的语音服务都被合并到虚拟专用网 (VPN) 中。要购买 VPN 服务, 用户不需要更换其现有的 PBX 系统。他们可以把语音网络管理留给销售商, 让销售商

继续维护 PBX 系统。另外，销售商可以在用户现有的 Centrex 系统基础上实现语音 VPN 服务。

提高效率

专用 PBX 网络还可以提高效率：

- ▶ 除了进行语音呼叫之外，租用中继线还可用来做很多其他事情。通过使用分接/插入设备，可以使用 T1 的部分信道进行站点之间的数据 / 视频通信，而其余 T1 信道用于 PRI 语音或数据业务。
- ▶ 适当的时候，一个公司的入呼叫通信流可在整个专用网络上传播。通过配置呼叫组，可将一个地方的溢出呼叫路由到另一个地方，从而增加覆盖点的数量，而且不同的系统之间可以共享人力和资源。
- ▶ 集中式语音消息传送系统，不再使专用网络中每个地点都需要一个独立的语音消息传送系统，从而节省了又一笔费用。

增加用户满意度

当一个专用 PBX 网络实现以后起到一个单一系统的作用时，该网络可为其用户提供更简便的操作和更多的性能：

- ▶ 一个统一（或通用）的拨号方案为公司所有的用户建立了一个单一的编号系统。专用网络之内的每部电话都分配了一个惟一的号码，这个号码可以与设备的列表目录号（LDN）不同。在该专用网络内，所有呼叫都像是本地呼叫。
- ▶ 当交换机通过 ISDN 连接和 Q.SIG 交换机间协议链接起来时，其网络可提供全部的 ISDN 服务和 Q.SIG 附加服务，如主叫方 ID 和呼叫前送等。

由于对单个地点可增加新的站点和带宽，同时保持其增量网络的成本与所增加的功能成正比，因而 VPN 具有可伸缩的优势。因为只需要考虑访问点和访问级别，从而减少了配置和重配置所需的人力和费用。服务提供商不需要在各种端接点之间提供电路，所以设备供应和重配置速度很快。运营商网络的冗余度很高，SDN 可从中获益，构建的网络比仅仅采用专用电路构建的网络具有更大的灵活性。

练习

1. 关于语音 VPN, 下面表述正确的是 (选 3 项):
 - a. FX 线路可用做语音 VPN 构件
 - b. 语音 VPN 根据主叫方的 ANI 路由呼叫
 - c. 语音 VPN 根据发起呼叫者的地点和所拨的号码路由呼叫
 - d. 语音 VPN 的在网呼叫不经过 PSTN, 从而省去了长途话费
2. 用户如何从 IXC 提供的语音 VPN 中获益? (选 2 项)
 - a. 回波抑制
 - b. 全双工四线服务
 - c. 降低振铃电压
 - d. 线路调节
3. IXC 提供的语音 VPN 如何使用户获益?
 - a. 它为小型企业用户提供了电信需求上的灵活性和可伸缩性
 - b. 它采用点对点协议 (PPP) 连接远程结点
 - c. 它采用加密和隧道技术来保障网络的安全
 - d. 它给大型企业用户提供电信需求上的灵活性和可伸缩性
4. 关于语音 VPN, 下列表述正确的是 (选 2 项):
 - a. 语音 VPN 可利用现有的 Centrex 系统
 - b. 语音 VPN 不如专线
 - c. 每分钟呼叫次数取决于用户对最少平均呼叫流量承诺的满足程度
 - d. 具有密集语音和视频通信需要的大型站点, 可实现很大的费用节省
5. 什么时候一个公司会选择基于专线网络的语音 VPN?
 - a. 当他们想要保持网络管理可靠性时
 - b. 当其大多数呼叫离网时
 - c. 当他们需要快速进行网络供应和重配置时
 - d. 当他们需要连接多个大数据流量站点时

补充练习

1. 一个公司位于偏远地区, 且与 IXC 网络没有直接连接, 那么它可否利用语音 VPN? 该用户的大部分呼叫将在哪里路由, 离网还是在网?
2. 研究主要运营商 (如 MCI Worldcom, Sprint 和 AT & T) 的语音 VPN 产品及其市场。

第五节 PSTN 远程访问

近几年，各种机构的移动性要求越来越高，而且在地理上越来越分散。相应地，许多网络的设计已经考虑了远程访问技术。通过采用这些技术，可为经常往返两地之间的人、远方雇员和移动工人提供网络访问。本节讨论实现远程访问技术的 PSTN 服务。

学习目标

本节结束之后，应该能够：

- ▶ 识别和分析 PSTN 远程访问技术，包括拨号访问、ISDN 访问和数字用户线(DSL)访问

关键知识点

- ▶ 随着公司员工移动性越来越大，远程访问技术已成为连接网络的关键构件。

远程访问应用

很多机构通常都设有远程办公室，如分支办公室、销售办公室、生产基地、库房和其他远程办公地点，它们都作为整个企业网络的一部分。远程办公室也可位于商业伙伴、经销商和供应商等处。经常往返两地之间者和移动用户，也需要远程访问企业应用，如电子邮件(E-mail)、Web 浏览、订货登记以及日程安排等。远程用户也许需要下载一些占用很大带宽的应用程序，例如：软件和软件更新，文件备份和存储，产品演示，以及在线课堂等。

PSTN 可提供以下远程访问技术：

- ▶ 拨号访问
- ▶ ISDN 访问
- ▶ DSL 访问

拨号访问

虽然近几年 DSL 和无线数字技术发展很快，但大多数远程用户仍然使用调制解调器

(Modem) 进行远程访问。Modem 很便宜, 而且可以通过模拟 PSTN 本地环路在两台设备之间传送数字信息。对于模拟 Modem 普遍存在一个误解, 就是其最大实际工作速率为 56 kb/s。理论上, 这些 Modem 可以达到 56 kb/s 的平均非约束吞吐量。但是, 联邦通信委员会 (FCC) 将下载速率限定为 53 kb/s。另外, PSTN 模拟网络基础设施限制了 ITU V.90 标准 Modem 的上载速率, 其最大吞吐量约为 33.6 kb/s。

ISDN 访问

ISDN 提供了数据通信用户以前所不曾有的一些服务, 其中许多服务与语音网络服务类似, 因为它们所采用的信令协议都是语音网络使用的 7 号信令系统 (SS7)。举个例子, ISDN 基速率接口 (BRI) 可自动提供主叫方的电话号码, 作为入呼叫的一部分。这个特性称为“自动号码识别 (ANI), 类似于主叫用户识别码 (Caller ID), 而主叫方不能禁止这一功能。

有了 ISDN, 用户可以禁止呼入, 将一个呼叫转移到另一个 ISDN 用户, 以及连接到多个 ISDN 用户 (类似于 PSTN 会议呼叫)。ISDN 服务的一个例子是信息指示器 (II) 数字, 它是与 AT&T ISDN-PRI 服务一起提供的一种服务, 与 ANI 捆绑在一起。II 数字是一个两位数字串, 用来识别入呼叫的类型。II 数字允许用户根据以下条件对呼叫进行检测、路由选择或禁止。

- ▶ 对付费电话、蜂窝电话和其他线路类型的呼叫分配呼叫优先权;
- ▶ 为了避免由收集代理或调度服务检测和跟踪, 对付费电话呼叫进行检测;
- ▶ 根据发起呼叫的线路类型, 将呼叫路由到特定的向量目录号码 (VDN)。

输入的 ISDN-PRI 呼叫可以和输入的 ISDN-PRI 专线中继线一样, 都具有相关的 II 数字。例如, 一个呼叫中心频繁地接到来自 ISDN-PRI 专线中继线的恐吓呼叫。该呼叫中心的 PBX 已配置为检验呼叫 II 数字。在检查呼叫记录时, 交换机管理员发现所有恐吓呼叫的 II 数字都是 29, 表明该呼叫是由监狱 / 收容所发起的。呼叫中心管理员可利用这个信息对 PBX 进行控制, 将这些恐吓呼叫设为禁止; 当然, 也可以通知本州监狱管理部门。表 7.1 总结了现有的 II 数字设置。

表 7.1 II 数字总结

| 代 码 | 用 途 |
|-----|----------------|
| 00 | 识别线 (无特殊处理) |
| 01 | 多方通话 (ANI 不提供) |
| 02 | ANI 失效 |

续表

| 代 码 | 用 途 |
|-------|-------------------------|
| 06 | 宾馆/旅店 (目录号与自动房间识别号不在一起) |
| 07 | 需要专业操作员处理 |
| 23 | 投币或不投币 (线路状况未知) |
| 24 | 800 服务 |
| 27 | 投币呼叫 |
| 29 | 监狱/收容所服务 |
| 30~32 | 窃听 |
| 34 | 电话公司操作员处理的呼叫 |
| 40~49 | 由本地通信公司定义 |
| 52 | 广域电信服务 |
| 61 | 1 类蜂窝电话 |
| 62 | 2 类蜂窝电话 |
| 93 | 虚拟专用网 (VPN) |

DSL 访问

DSL 提供各种速率,这对用户很有吸引力。但是,DSL 的速率取决于铜线本地环路的物理环境。

- ▶ 可达 (环路长度)——各种 DSL 服务都有一个最大可达距离,由中心局 (CO) 提供。通常,DSL 可达距离的范围是 12 000~26 000 ft (1 ft = 0.304 8 m)。若用户位于服务的可达范围之外,则无法接收到该服务。
- ▶ 线路上无设备——CO 与用户之间的铜线必须不插入电子设备 (如中继器)。这很难做到,因为从 CO 出来的铜线长度超过 6 000 ft 时,大都含有中继器来放大模拟信号。另外,线路中不含负载线圈也是必要的,而在模拟线路上通常安装了这些负载线圈来滤除 4 kHz 以上的高频噪声。图 7.8 表明,线路上若有设备,将使宽频率范围的 DSL 无法使用。因此,本地交换通信公司 (LEC) 必须首先去除这些设备,才能为其用户提供 DSL 服务。这就增加了 DSL 安装的时间和成本。
- ▶ 良好的布线——铜线环路也必须处于良好的物理环境之下 (安装良好),导线的规格也不失配。据估计,美国典型的电话线要经过 22 个接头,其线路噪声和串话使得有效数据速率会下降。此外,电话系统的其他一些问题 (如造成信号衰减的超长环路、未终接的线对和导线间的串话等),也会降低有效数据速率。

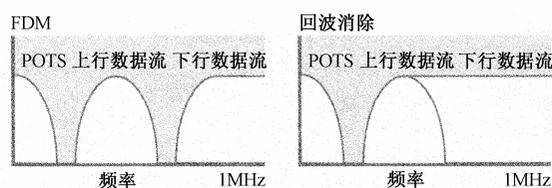


图 7.8 ADSL 带宽

ADSL

ADSL (非对称数字用户线)之所以是“非对称”的,是因为其下行数据流的速率远远高于其上行数据流的速率。这种类型的DSL对家庭用户和经常往返两地之间的人来说,是一种最具吸引力的解决方案,因为它与典型的Internet使用模式相吻合。例如,一个网虫只需发送约10个字符的上行数据流,就可收到一个大型网页的下行数据流。

ADSL上行速率为16~640 kb/s。不同的产品,其速率配置相差很大,从下行1.544/2.048 Mb/s和上行16 kb/s的最低组合,到下行9 Mb/s和上行640 kb/s的最高组合。所有这些配置均工作在4 000 Hz POTS语音带宽以上很宽的频带内,即使用户前端的ADSL调制解调器失效,POTS也能独立运行而不受干扰。

许多家庭用户并不订购1.544 Mb/s的最低下行数据速率。许多通信公司提供如表7.2所示的最低数据速率服务,采用被称为数字用户线访问多路复用器(DSLAM)的设备取出最低数据速率。DSLAM相当于用户前端与通信公司网络之间的接口点,将多路用户数据包复用到一条或几条高速电路中。通信公司将高速电路的可用带宽分割开来,分配给不同的用户,根据用户所订购的带宽收取费用。

表 7.2 ADSL 数据速率

| 数据速率/(Mb/s) | 导线规格(AWG) | 距离/ft | 线径/mm | 距离/km |
|-------------|-----------|--------|-------|-------|
| 1.5 或 2 | 24 | 18 000 | 0.5 | 5.5 |
| 1.5 或 2 | 26 | 15 000 | 0.4 | 4.6 |
| 6.1 | 24 | 12 000 | 0.5 | 3.7 |
| 6.1 | 26 | 9 000 | 0.4 | 2.7 |

练习

1. PSTN 可提供哪些远程访问技术?

2. 一种与 ANI 捆绑在一起的用来识别入呼叫类型的 ISDN 服务，被称为：
 - a. PRI
 - b. BRI
 - c. II 数字
 - d. ANI 数字
3. 下面哪个 II 数字串表示的是一个 800 服务呼叫？
 - a. 24
 - b. 27
 - c. 29
 - d. 30
4. 对于来自本州监狱的恐吓电话，在输入中继线上应将哪个 II 数字组设置为禁止？
5. 下面哪个 PSTN 服务可随时提供经常性的远程网络访问，包括语音、视频会议和 E-mail 服务？
 - a. SW56
 - b. WATS
 - c. ISDN-BRI
 - d. DDS
6. 利用现有的双绞线本地环路，哪个远程访问技术可为经常在两地之间往返的人同时提供语音和数据访问？
 - a. ISDN-PRI
 - b. ADSL
 - c. DID
 - d. FX

补充练习

1. 登录网站 <http://www.webopedia.com>，研究以下技术：
 - a. ISDN
 - b. ADSL
 - c. SDSL
2. 你所在地区哪些技术可用？如果在你的机构中必须支持远程网络用户，最佳选择是什么？

本章小结

本章介绍了实现和升级一个网络所采用的一些可选技术方案。首先介绍的是通过可选技术发送语音。这里学习了如何往往往被看成是数据网络的帧中继和 ATM 等技术传输语音会话。

我们知道, ITU-T H.323 推荐标准提供了通过包交换网络承载多媒体业务所需的进程和协议。H.323 规定了 4 种构件: 终端、MCU、网关和网守。其中终端是 H.323 端点; MCU 协调 H.323 端点之间的多点会议; 网关提供 PSTN 和分组网络之间的通信接口; 网守则对 H.323 连接请求进行授权和验证, 准许或拒绝连接请求, 并对每个连接如何获取有效网络带宽进行控制。

MGCP 提供了从外部设备控制电话网关的方法, 该外部设备称为 MGC 或呼叫代理。MGCP 定义了一个主从环境, 其中 MGC (主) 控制 MG (从)。MGC 在 H.323 网络中执行网守的功能。

有很多因素驱使企业中技术的融合, 包括很多宽带广域网连接, 如 T-carrier、ATM 和 DSL 服务提供的连接。H.323 和 SIP 标准向更多、更好的融合产品打开了大门, 采用这些标准的厂商销售的产品之间都可以进行互操作。

为了帮助公司用户减少其通信开支, 同时增加语音网络功能, IXC 提供专用 VPN。专用 VPN 支持 T-carrier、ISDN, 甚至模拟语音线路和中继线。

最后, 广域网技术为经常往返两地之间的人和远方办公室提供了远程网络访问服务。ISDN、DSL 甚至拨号线路都可以在用户和现场之间传送语音、视频和数据业务。

小测验

1. 下面哪种语音通信技术会被其他 3 种所取代?
 - a. TCP/IP
 - b. 帧中继
 - c. ATM
 - d. 租用线路
2. MG 由下面哪两个构件组成?
 - a. 控制器
 - b. 呼叫代理
 - c. 端点

- d . 连接
- 3 . 提供付账、验证和记账的 H.323 构件是 :
 - a . 网关
 - b . 网守
 - c . 代理
 - d . 终端
- 4 . 哪一个 MGCP 命令消息引导 MG 释放呼叫 ?
 - a . eleteConnection
 - b . NotificationRequest
 - c . AuditEndpoint
 - d . RestartInProgress
- 5 . 哪一个 MGCP 命令消息引导 MG 返回一个端点的状态 ?
 - a . DeleteConnection
 - b . NotificationRequest
 - c . AuditEndpoint
 - d . AuditConnection
- 6 . 哪一个 MGCP 命令消息向 MG 指出线路正在进行初始化 ?
 - a . RestartInProgress
 - b . NotificationRequest
 - c . AuditEndpoint
 - d . AuditConnection
- 7 . MGCP 也称为什么类型的协议 ?
 - a . 主从
 - b . 对等
 - c . 客户机/服务器
 - d . 转换编码
- 8 . 语音和数据融合网络的好处是 : (选 2 项)
 - a . 国际长途服务更便宜
 - b . 国际呼叫的语音质量更好
 - c . 网络设备的可靠性增加
 - d . 易于系统和网络管理
- 9 . 推动 VoIP 网络市场的因素是 : (选 3 项)
 - a . 开放的标准

- b. 网络可伸缩性
 - c. 新的应用
 - d. 大范围的管制
10. 可利用 VoIP 技术为用户节省费用的是:(选 2 项)
- a. 语音呼叫不经过 Internet
 - b. 降低 IP 效率
 - c. 增加社会接受度
 - d. 减少管制
11. VAD 可节省多少带宽?
- a. 10%
 - b. 30%
 - c. 40%
 - d. 70%
12. 在语音 VPN 中存储公司 VPN 数据库的设备是:
- a. NCP
 - b. SDN 服务局
 - c. 虚拟控制点
 - d. 信令传送点
13. 语音 VPN 支持的数据速率是:(选 2 项)
- a. 56 kb/s 模拟数据
 - b. 28.8 kb/s 模拟数据
 - c. 56/64 (kb/s) 数字数据
 - d. 128 kb/s 数字数据
14. VPN 数据库执行的功能是:(选 2 项)
- a. 确定呼叫通路
 - b. 接收和处理呼叫
 - c. 决定一个呼叫是否在网
 - d. 实现 VPN 到 PSTN 的网关
15. 单个 POTS 远程访问线路的最大下载速率是:
- a. 56 kb/s
 - b. 28.8 kb/s
 - c. 33.6 (kb/s)
 - d. 128 kb/s

附录 A 课程测验

1. 局域网和广域网之间最主要的区别是：
 - a. 配置网络所用的线缆类型
 - b. 网络中结点之间的距离
 - c. 将工作站连接到网络所用的设备类型
 - d. 所用的 NIC 类型
2. SLIP 通常用于：
 - a. 至 Internet 的串行连接
 - b. 至主干的连接
 - c. 调制解调器到局域网的连接
 - d. 局域网到广域网的连接
3. 下列哪个的线路传输速率最大？
 - a. T1
 - b. SONET
 - c. 256 kb/s
 - d. 512 kb/s
4. 哪种技术使用 CIR 来描述最大平均线路传输速率？
 - a. X.25
 - b. 帧中继
 - c. ATM
 - d. SONET
5. 下列哪个描述了一个简单的点对点网络？
 - a. 包含单一线缆类型的网络
 - b. 包含一种计算机（如 PC 或 Macintosh）的网络
 - c. 只有两台计算机在某个时间点传输的网络
 - d. 使用一根线缆将许多计算机连接到一起的网络
6. 无连接网络是什么样的网络？
 - a. 在端点之间没有建立起连接
 - b. 网络中任意两点之间没有物理路径
 - c. 使用线路交换网络

- d. 所有连接到物理介质的结点都接收到传输的信息
7. 将许多家庭和商业机构连接到第一个中心局的铜缆连接被称为：
- a. 本地环路
 - b. 干线
 - c. 数字环路
 - d. 租用线路
8. 用来描述远程通信运营商提供的服务的文件名称是：
- a. 价目表
 - b. 规范
 - c. 电信图
 - d. 服务文档
9. 电信网络的哪个部分通常传输模拟信号？（选两项）
- a. 干线
 - b. 本地环路
 - c. RS-232 电缆
 - d. V.35 电缆
10. 最初设计电信网络是用来传输：
- a. 窄带语音信号
 - b. 宽带语音信号
 - c. 窄带数据信号
 - d. 宽带数据信号
11. 下列哪种电信线路通常是定长的？
- a. 交换线路
 - b. 拨号线路
 - c. 全双工线路
 - d. 租用线路
12. 下列哪种不能被认为是 DCE？
- a. ISDN 接口设备
 - b. 调制解调器
 - c. 多路复用器
 - d. PC
13. 调制解调器可用来（选两项）：
- a. 放大模拟信号

- b. 将数字信号转换为模拟信号
 - c. 转发数字信号
 - d. 将模拟信号转换为数字信号
14. Codec 是一种什么样的设备？
- a. 将语音信号转换为数字信号
 - b. 将数字信号转换为电信号
 - c. 在本地环路上放大数字信号
 - d. 提供 ISDN 连接
15. 下列哪种信息通常需要最大的带宽？
- a. 数字语音通信
 - b. 文档镜像
 - c. 压缩视频
 - d. 活动视频
16. ADSL 的最大特点是：
- a. 在本地环路上进行模拟信号到数字信号的转换
 - b. 在本地环路上进行数字信号到模拟信号的转换
 - c. 高速到达用户，低速离开用户
 - d. 高速离开用户，低速传输到用户
17. 使用卫星传输语音信息的一个缺点是：
- a. 发送设备和接收设备之间的传输延迟
 - b. 小带宽
 - c. 高差错率
 - d. 不可预知的设备行为
18. 通常用来在卫星网络上传输数据的协议是：
- a. HDLC (或 HDLC 子集)
 - b. LAPD
 - c. XDSL
 - d. ADSL
19. 压缩的目的是：
- a. 建立更便宜的电信设备
 - b. 更有效地使用电信设备
 - c. 建立更安全的网络
 - d. 提供永久的通信设备

-
20. 下面哪一项最适合描述 ADSL ?
- a. 它是模拟服务
 - b. 它是永久服务
 - c. 信息只从用户传输到中心局
 - d. 信息在一个方向的传输速率高于另一个方向的传输速率
21. 部分 T1 线路是 :
- a. 64 kb/s 信道
 - b. 58 kb/s 信道
 - c. T1 信道
 - d. T3 信道
22. 下面哪一项技术支持 DDS ?
- a. 卫星通信
 - b. 数字调制解调器
 - c. 模拟调制解调器
 - d. Codec
23. DTE 的特征是 :
- a. 网络中的终端设备或结点
 - b. 电话公司维护的通信设备
 - c. 高速交换机
 - d. DSU/CSU
24. T1 等同于 :
- a. DS 0
 - b. ISDN 基速率
 - c. DS 1
 - d. E1
25. 数据通过 T1 信道时的传输速率通常为 56 kb/s 的原因是 :
- a. T1 信道的一部分用于语音通信的带内信令
 - b. 56 kb/s 是通过 T1 进行数据通信的最高理论速率
 - c. T1 只以 56 kb/s 的速率传输信息
 - d. 它是使用 T1 信道的最有效方式
26. 多路复用器用来 :
- a. 将低速输入信号映射成高速输出信号
 - b. 将高速输入信号映射成低速输出信号

- c . 将模拟信号转换为数字信号
 - d . 将数字信号转换为模拟信号
 - e . 以上都不对
- 27 . SONET 的构件块是 (选两项) :
- a . STS-1
 - b . 51.84 Mb/s
 - c . 48 kb/s
 - d . 64 kb/s
 - e . a 和 b 都对
- 28 . 当 ATM 以 155 Mb/s 的速率传输时 , 其物理传输通路是 :
- a . DDS
 - b . T1
 - c . T3
 - d . SONET
- 29 . STS 和 OC 信号之间的主要区别是 :
- a . STS 是数字的 , OC 是模拟的
 - b . STS 是低速的 , OC 是高速的
 - c . STS 是电信号 , OC 是光信号
 - d . STS 是二进制的 , OC 是八进制的
- 30 . HDLC 协议的目的是 :
- a . 通过远程通信链路传输信息
 - b . 在网络上传输数据包
 - c . 在进程之间传输信息
 - d . 将应用信息从客户机传输到服务器
- 31 . 下列哪种技术在协议栈的最低层 :
- a . 包交换
 - b . X.25 包交换
 - c . 帧中继
 - d . 信元中继
- 32 . 信元与数据包和帧的不同之处在于 :
- a . 信元比数据包和帧的速率更低
 - b . 信元应用于无连接网络
 - c . 信元可以被用来进行模拟信息传输

- d. 信元是定长的实体
33. 数据包在协议栈的哪一层？
- a. 物理层
 - b. 数据链路层
 - c. 网络层
 - d. 运输层
34. 帧在协议栈的哪一层？
- a. 物理层
 - b. 数据链路层
 - c. 网络层
 - d. 运输层
35. SONET 位于下面的哪一层？
- a. 物理层
 - b. 数据链路层
 - c. 网络层
 - d. 运输层
36. 下列哪种技术效率最低？
- a. 帧交换
 - b. 信元交换
 - c. 包交换
 - d. 帧中继
37. Switched-56 服务的典型应用是当主路由失效时作为备份路由。判断正误。
38. 多个 Switched-56 线路可以一起使用，以获得更高的带宽。判断正误。
39. SONET 协议的所有层都和 OSI 模型的物理层有关。判断正误。
40. ATM 信元可以包含多个 SONET 帧。判断正误。
41. HDLC 信息帧的控制字段用来进行流量控制和信息接收。判断正误。
42. 中心局也可称为本地交换机。判断正误。
43. 干线链路连接中心局。判断正误。
44. 数字信号的传输使用 4 条线来支持半双工通信。判断正误。
45. 网络-网络接口 (NNI) 协议依赖于所使用的技术。判断正误。
46. DDS 除去本地环路外，都是数字的。判断正误。

47. 多路复用器可以获取高速数字比特流, 并将其分解为多路数字输出信息流。判断正误。

48. Codec 和调制解调器的作用基本相同。判断正误。

49. 信息传输速率最高的物理介质是光缆。判断正误。

50. 卫星设备经常用来提供实时信息传输。判断正误。

术语索引

- Access Concentrator 访问集中器 274
- Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) 自适应差分脉冲编码调制 274
- Add/Drop Multiplex (ADM) 增/放多路复用器 108
- Adjacent Channel Interference (相)邻(信)道干扰 58
- Alternate Mark Inversion (AMI) 极性交替转换码 108
- American Standard Code for Information Interchange (ASCII) 美国信息交换标准代码 · 58
- Amplitude Modulation (AM) 幅度调制 2
- Analog 模拟 2
- Application Programming Interface (API) 应用编程接口 274
- Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) 非对称数字用户线 108
- Asynchronous 异步 58
- Asynchronous Transfer Mode (ATM) 异步传送模式 2, 230
- Attenuation 衰减 108
- Automated Attendant 自动话务台 2
- Automatic Call Distributor (ACD) 自动呼叫分配器 2
- Automatic Repeat (or Retransmission) Request (ARQ) 自动重发请求 58
- Automatic Route Selection (ARS) 自动路由选择 2
- Automation Protection Switching (APS) 自动保护交换 108
- Backward Explicit Congestion Notification (BECN) 后向显式拥塞通告 180
- Bandpass Filter 带通滤波器 58
- Baseband 基带 59
- Bearer Circuit 荷载电路 274
- Bipolar Violation (BPV) 双极破坏(点) 108
- Bit Stuffing 位填充 108
- Bits per Second (b/s) 比特每秒 59
- Broadband 宽带 59
- Broadband-Integrated Services Digital Network (B-ISDN) 宽带综合业务数字网 109
- Bursty 突发 180
- Busy Hour 忙时 2

| | |
|--|--------|
| C Band C 波段 | 59 |
| Call Agent 呼叫代理 | 274 |
| Call Detail Report (CDR) 呼叫详细报告 | 3 |
| Central Office (CO) 中心局 | 3 |
| Channel 信道 | 3 |
| Channel Service Unit (CSU) 信道服务单元 | 59 |
| Circuit 电路 | 3 |
| Class of Restriction (CoR) 限制类别 | 3 |
| Class of Service (CoS) 服务等级 | 3, 277 |
| Coder-Decoder (Codec) 编解码器 | 3 |
| Collapsed Backbone 集中式主干 | 230 |
| Committed Burst Size (CBS) 承诺最大信息帧长度 | 180 |
| Committed Information Rate (CIR) 承诺信息速率 | 180 |
| Common Channel Signaling (CCS) 公用信道信令 | 180 |
| Compressed Serial Line Internet Protocol (CSLIP) 压缩的串行线路网际协议 | 160 |
| Consultative Committee for International Telegraphy & Telephony (CCITT) 国际电报电话咨询委员会 | 59 |
| Convergence Technologies 融合技术 | 59 |
| Customer Premises Equipment (CPE) 用户前端设备 | 181 |
| Customer-Provided Equipment (CPE) 用户自备设备 | 181 |
| Data Communication/Circuit-terminating Equipment (DCE) 数据通信设备 / 数据电路端接设备 | 60 |
| Data Exchange Interface (DXI) 数据交换接口 | 230 |
| Data Link Connection Identifier (DLCI) 数据链路连接标识符 | 181 |
| Data Service Unit (DSU) 数据服务单元 | 60 |
| Data Terminal/Termination Equipment (DTE) 数据终端 / 端接设备 | 60 |
| Dataphone Digital Service (DDS) 数据电话数字服务 | 3 |
| Dense Wavelength-division Multiplexing (DWDM) 密集波分复用 | 4 |
| Dial-on-Demand Routing (DDR) 按需拨号路由 | 181 |
| Differential Phase-Shift Keying (DPSK) 差分相移键控 | 60 |
| Digital Data Service (DDS) 数字数据服务 | 3 |
| Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM) 数字用户线访问多路复用器 | 275 |
| Direct Inward Dialing (DID) 直接拨入 | 4 |

| | |
|---|-----|
| Direct Inward System Access (DISA) 直接系统接入 | 4 |
| Discard Eligibility (DE) bit 可丢弃位 | 181 |
| Distributed Queue Dual Bus (DQDB) 分布队列双总线 | 230 |
| Drop-and-insert Equipment 分接 / 插入设备 | 275 |
| Dumb Terminal 哑终端 | 181 |
| Duplex 双工 | 4 |
| E1 | 109 |
| End Office 端局 | 4 |
| European Telecommunication Standards Institute (ETSI) 欧洲电信标准协会 | 275 |
| Excess Burst Size (EBS) 超出最大信息帧长度 | 181 |
| Excess Information Rate (EIR) 额外信息速率 | 181 |
| Extended Binary Coded Decimal Interchange Code (EBCDIC) 扩充二十进制交换码 | 60 |
| Extension 分机 | 4 |
| Extranet 外联网 | 275 |
| Fade 衰落 | 60 |
| Fast-Packet Switching 快速包交换 | 109 |
| Federal Communications Commission (FCC) 联邦通信委员会 | 4 |
| Fiber Distributed Data Interface (FDDI) 光纤分布式数据接口 | 109 |
| Flow Control 流控制 | 60 |
| Forward Error Correction (FEC) 前向纠错 | 60 |
| Forward Explicit Congestion Notification (FECN) 前向显式拥塞通告 | 181 |
| Frame Relay 帧中继 | 160 |
| Frame Relay Access Device (FRAD) 帧中继接入设备 | 182 |
| Frame Tagging 帧标记 | 275 |
| Frequency Modulation (FM) 调频 | 60 |
| Frequency-Shift Keying (FSK) 频移键控 | 61 |
| Gain 增益 | 61 |
| Gallium Arsenide Field Effect Transistor (GaAs-FET) 砷化镓场效应管 | 61 |
| Geostationary Satellite 静止卫星 | 61 |
| Geosynchronous Satellite 同步卫星 | 61 |
| Gigahertz (GHz) 兆赫兹 | 61 |
| Guardband 保护带 | 4 |
| Gunn Diode Gunn 二极管 | 61 |

| | |
|--|---------|
| Handshaking 联络 | 61 |
| Harmonic Distortion 谐波失真 | 61 |
| Hertz (Hz) 赫兹 | 5 |
| High-Level Data Link Control (HDLC) 高级数据链路控制 | 62, 160 |
| High-Level Data Link Control (HDLC) Information Frame HDLC 信息帧 | 160 |
| High-Level Data Link Control (HDLC) Supervisory Frame HDLC 监督帧 | 160 |
| High-Level Data Link Control (HDLC) Unnumbered Frame HDLC 未编号帧 | 161 |
| High-Speed Serial Interface (HSSI) 高速串行接口 | 230 |
| Hunt Group 寻线组 | 5 |
| Hybrid Fiber Coax (HFC) 混合光纤同轴电缆 | 109 |
| Hypertext Markup Language (HTML) 超文本标记语言 | 5 |
| IEEE 802.6 IEEE 802.6 标准 | 231 |
| Integrated Digital Network (IDN) 综合数字网 | 182 |
| Integrated Services Digital Network (ISDN) 综合业务数字网 | 5, 182 |
| Intelligent Information (II) Digits 智能信息 (II) 数字 | 275 |
| Interexchange Carrier (IXC) 长途交换公司 | 5 |
| Intermediate Distribution Frame (IDF) 中间配线架 | 275 |
| International Softswitch Consortium (ISC) 国际软交换联盟 | 275 |
| International Standards Organization (ISO) 国际标准化组织 | 5 |
| International Telecommunication Union (ITU) 国际电信联盟 | 5, 182 |
| Internet Engineering Task Force (IETF) Internet 工程任务组 | 276 |
| Internet Service Provider (ISP) Internet 服务提供商 | 161 |
| Inverse Multiplexer 反向多路复用器 | 276 |
| ISDN-BRI 综合业务数字网-基速率接口 | 182 |
| ISDN-PRI 综合业务数字网-主速率接口 | 182 |
| ITU I.451 | 183 |
| ITU Q.920 | 183 |
| ITU Q.921 | 183 |
| ITU Q.930 | 183 |
| ITU Q.931 | 183 |
| ITU-T I.430 | 182 |
| ITU-T I.431 | 182 |
| Java Telephony Application Programming Interface (JTAPI) Java 电话应用编程接口 | 276 |

| | |
|---|--------|
| Jitter 抖动 | 62 |
| Ka Band Ka 波段 | 62 |
| Ku Band Ku 波段 | 62 |
| Latency 延迟 | 276 |
| Leased Line 专线 | 5 |
| Least-cost Routing 最低成本路由选择 (LCR) | 5 |
| Line Overhead (LOH) 线路开销 | 109 |
| Line Terminating Equipment (LTE) 线路端接设备 | 109 |
| Link Access Procedure Balanced (LAPB) 平衡型链路接入规程 | 161 |
| Link Access Procedure for D Channel (LAPD) D 信道链路接入规程 | 161 |
| Link Control Protocol (LCP) 链路控制协议 | 161 |
| Local Access and Transport Area (LATA) 本地接入传输区域 | 6 |
| Local Exchange Carrier (LEC) 本地交换公司 | 6, 109 |
| Local Loop 本地环路 | 6 |
| Logical Link Control (LLC) 逻辑链路控制 | 231 |
| Low-pass Filter 低通滤波器 | 110 |
| Main Distribution Frame (IDF) 主配线架 | 276 |
| Media Gateway Control Protocol (MGCP) 介质网关控制协议 | 276 |
| Media Gateway Controller (MGC) 介质网关控制器 | 276 |
| Media Gateway (MG) 介质网关 | 276 |
| Meshed Network 网状网络 | 62 |
| Modem 调制解调器 | 6 |
| Modulation 调制 | 62 |
| Multipath Reflection 多径反射 | 62 |
| Multiplexer (MUX) 多路复用器 | 6 |
| Multipoint Control Unit (MCU) 多点控制单元 | 276 |
| Network Control Point (NCP) 网络控制点 | 276 |
| Network Control Protocol (NCP) 网络控制协议 | 161 |
| Network Interface 网络接口 | 110 |
| Network Interface Card (NIC) 网络接口卡 | 231 |
| Network Interface Unit (NIU) 网络接口单元 | 110 |
| Network Management System (NMS) 网络管理系统 | 277 |
| Network Termination Type 1 (NT1) 网络终端类型 1 | 183 |

| | | |
|---|------------------|-------|
| Network Termination Type 12 (NT12) | 网络终端类型 12 | 183 |
| Network Termination Type 2 (NT2) | 网络终端类型 2 | 183 |
| Network-to-Network Interface (NNI) | 网络网络接口 | 183 |
| Optical Carrier (OC) | 光载波 | 110 |
| Overreach | 渡越 (干扰) | 62 |
| Packet Assembler/Disassembler (PAD) | 包装拆器 | 183 |
| Packet Layer Protocol (PLP) | 分组层协议 | 184 |
| Packet Switching | 包交换 | 6 |
| Packet Telephony | 分组电话 | 277 |
| Packet Transfer Mode (PTM) | 分组传送模式 | 231 |
| Pair Gain | 线对增容 | 6 |
| Path Overhead (POH) | 路径开销 | 110 |
| Path Terminating Equipment (PTE) | 路径端接设备 | 110 |
| Permanent Virtual Circuit (PVC) | 永久虚电路 | 63 |
| Phase Modulation | 调相 | 63 |
| Phase-Shift Keying (PSK) | 相移键控 | 63 |
| Physical Layer Convergence Protocol (PLCP) | 物理层汇聚协议 | 231 |
| Point of Presence (POP) | 出现点 | 6 |
| Point-to-Point Protocol (PPP) | 点对点协议 | 161 |
| Port | 端口 | 6 |
| Private Branch Exchange (PBX) | 专用小交换机 | 7, 63 |
| Private Network | 专用网络 | 63 |
| Protocol Data Unit (PDU) | 协议数据单元 | 184 |
| Provisioning | 供给 | 63 |
| Public Network | 公用网 | 63 |
| Pulse Code Modulation (PCM) | 脉冲编码调制 | 7 |
| Q.SIG (QSIG) | | 277 |
| Quadrature Amplitude Modulation (QAM) | 正交幅度调制 | 63 |
| Quality of Service (QoS) | 服务质量 | 277 |
| Queued Packet Synchronous Exchange (QPSX) | 排队包同步交换 | 231 |
| Rain Attenuation | 雨衰 | 63 |
| Rate-Adaptive Digital Subscriber Line (RADSL) | 速率自适应数字用户线 | 110 |
| Remote Monitoring Specification | 远程监控 (RMON) 规范 | 277 |

| | |
|---|---------|
| Request for Comment (RFC) 请求注释 | 161 |
| Resource Reservation Protocol (RSVP) 资源保护协议 | 277 |
| Section Overhead (SOH) 分段开销 | 110 |
| Section Terminating Equipment (STE) 分段端接设备 | 110 |
| Serial Line Internet Protocol (SLIP) 串行线路网际协议 | 161 |
| Session Initiation Protocol (SIP) 会话发起协议 | 277 |
| Signaling 信令 | 7 |
| Signalling System 7 (SS7) 7号信令系统 | 184 |
| Simple and Efficient Adaptation Layer (SEAL) 简单有效适配层 | 231 |
| Simple Gateway Control Protocol (SGCP) 简单网关控制协议 | 277 |
| Simple Network Management Protocol (SNMP) 简单网络管理协议 | 278 |
| Simplex 单工 | 7 |
| Software Defined Network (SDN) 软件定义网络 | 278 |
| Spoofing 哄骗 | 184 |
| Statistical Time-Division Multiplexing (STDM) 统计时分复用 | 184 |
| Subscriber Network Interface (SNI) 用户网络接口 | 231 |
| Switched Multimegabit Data Service (SMDS) 交换多兆位数据服务 | 231 |
| Switched Multimegabit Data Service (SMDS) Interface protocol SMDS 接口协议 (SIP) | 232 |
| Switched Multimegabit Data Service (SMDS) 交换多兆位数据服务 | 111 |
| Switched Virtual Circuit (SVC) 交换虚电路 | 64 |
| Synchronous 同步 | 64 |
| Synchronous Data Link Control (SDLC) 同步数据链路控制 | 64, 162 |
| Synchronous Digital Hierarchy (SDH) 同步数字系列 | 111 |
| Synchronous Optical Network (SONET) 同步光纤网 | 111 |
| Synchronous Payload Envelope (SPE) 同步净荷包 | 111 |
| Synchronous Transfer Mode (STM) 同步传送模式 | 232 |
| T1 | 111 |
| Telephony 电话 | 7 |
| Telephony Application Programming Interface (TAPI) 电话应用编程接口 | 278 |
| Telephony Gateway 电话网关 | 278 |
| Telephony Server Application Programming Interface (TSAPI) 电话服务器应用编程接口 | 278 |

| | |
|--|-----|
| Terminal Adapter (TA) 终端适配器 | 184 |
| Terminal Equipment Type 1 (TE1) 终端设备类型 1 | 184 |
| Terminal Equipment Type 2 (TE2) 终端设备类型 2 | 184 |
| Time Slot 时隙 | 64 |
| Time-Division Multiplexing (TDM) 时分复用 | 7 |
| Transponder 转发器 | 64 |
| Trunk 干线, 中继线 | 7 |
| Tunneling 隧道 | 278 |
| Type of Service (ToS) 服务类别 | 278 |
| Unified Messaging 统一消息传送 | 278 |
| Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) 通用异步收发器 | 64 |
| User-Network Interface (UNI) 用户网络接口 | 185 |
| Very High-bit-rate Digital Subscriber Line (VDSL) 甚高速数字用户线 | 111 |
| Very Small Aperture Terminal (VSAT) 甚小口径终端 | 111 |
| Virtual Channel Identifier (VCI) 虚通道标识符 | 232 |
| Virtual Circuit 虚电路 | 64 |
| Virtual Local Area Network (VLAN) 虚拟局域网 | 279 |
| Virtual Path Identifier (VPI) 虚通路标识符 | 232 |
| Virtual Private Network (VPN) 虚拟专用网 | 279 |
| Virtual Tributary (VT) 虚拟分支 | 111 |
| Voice over Internet Protocol (VoIP) 基于 IP 的语音传输 | 279 |
| Wavelength-division Multiplexing (WDM) 波分复用 | 7 |
| Worldwide Intelligent Network (WIN) 全球智能网 | 279 |
| X.121 | 185 |
| X.21 | 185 |
| X.21bis | 185 |
| X.25 | 162 |
| X.25 | 7 |
| X.28 | 185 |
| X.29 | 185 |
| X.3 | 185 |
| X.75 | 185 |
| Zero Bit Insertion 零位插入 | 162 |