

铁路职业教育铁道部规划教材

宽带接入技术

KUANDAIJIERUJISHU

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI

晏蓉/主编 邵汝峰/主审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材

宽带接入技术

晏 蓉 主 编
邵汝峰 主 审



中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书为铁路职业教育铁道部规划教材,深入浅出地介绍了常用的电话线(电话网)接入(例如话带 Modem、N-ISDN、ADSL、VDSL、HomePNA 等)、同轴线(有线电视网)接入、网线(以太网)接入、光纤接入(PON 无源光网络)、电力线接入、无线接入等技术的概念,系统构成,调制复用方式,传输协议,技术指标,方便读者理解它们的工作原理。

本书主要适合高职高专通信专业作为教材使用,也可供相应的维护测试人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

宽带接入技术/晏蓉主编. —北京:中国铁道出版社,2011.8

铁路职业教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-13266-8

I. 宽… II. 晏… III. ①宽带接入网—通信技术—职业教育—教材 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 166610 号

书 名:宽带接入技术

作 者:晏 蓉 主编

策 划:武亚雯 朱敏洁

责任编辑:金 锋 电话:010-51873125 电子信箱:jinfeng 88428@163.com 教材网址:www.tdjiaocai.com

编辑助理:武 欢

封面设计:崔丽芳

责任校对:张玉华

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市华丰印刷厂

版 次:2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:13 字数:327 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-13266-8

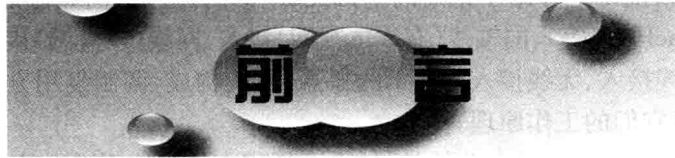
定 价:26.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187



本书由铁道部教材开发小组统一规划,为铁路职业教育铁道部规划教材。本书是根据铁路职业教育铁道通信专业教学计划“宽带接入技术”课程教学大纲编写的,由铁路职业教育铁道通信专业教学指导委员会组织,并经铁路职业教育铁道通信专业教材编审组审定。

通信网在过去只有单一话音通信的时代并没有“接入网”这个词。随着信息社会的到来,通信业务变得多样化,用户的话音、数据、视频图像等都需要传输,同时还伴有同步与异步、分组方式与电路方式、速率高与速率低等等的区别。为了适应这种变化,ITU-T自20世纪90年代初就开始提出接入网的相关标准。接入网:支持多业务接入,只负责业务的传输,不处理业务,因此结构简单,容易实现;具有标准的接口。

就是说,接入网是专门负责把各种信号从用户接进交换局的。一般来说,任何接入技术都有相应的局端设备(CO)和用户端设备(RT),形成一个有发有收的完整的通信系统,无数个小小的接入系统就构成了接入网,它同时具有接入环境的多样性与接入业务的多样性。

宽带接入是从窄带接入技术发展起来的。它指在同一传输介质上进行信号复用传输,并且速率足以流畅地传输多媒体信号的接入技术。简单地说,是在用户与交换局之间的一个大带宽、高速率的“小型”传输系统,是为宽带接入业务服务的。宽带接入业务有高速上网、互动游戏、VOD视频点播、网络电视、远程医疗、远程会议、远程教育、远程监控、家庭证券交易,等等。

没有什么技术的发展速度能比得上通信和计算机了。计算机强大的处理能力提供了丰富多彩的多媒体应用,光纤传输技术又为多媒体应用提供了几乎用不完的通信信道,在它们相得益彰共同前进的道路上却碰到了一个不大不小的拦路石——接入带宽窄小,也就是由来已久的信息高速公路“最后一公里”问题。从理论上讲,如果所有的用户都足够有钱,光纤到户(FTTH)可以一劳永逸地解决这个问题,但“光纤到户”在成本面前徘徊多年,使得铜线接入技术在最后一公里上尽展英姿,数年间“宽带”几乎成了ADSL的代名词。

不管铜线采用什么样的调制技术,达到怎样前所未有的高速度,它们的带宽与光纤相比都是望尘莫及的。光纤接入才是真正的“宽带”。随着“光进铜退”的脚步越来越近,光纤到户已经指日可待。

无线信道是所有已知传输信道中最差的一种。尽管如此,在应用了各种登峰造极的调制技术、天线技术以后,也有了一些宽带接入的能力。因为无线系统最大的好处是可移动性,这种方便是令人难以抗拒的。

互联网的普及对电信网有着深刻的影响,从接入到传输,再到交换,无一不在进行着脱胎换骨的改造,顺潮流者昌。本书谈到的各种宽带接入都是在原有通信技术的基础上发展起来的,共同的特点是大量引入了计算机和网络技术,使设备有了相当的智能。这使用户端设备变成“傻瓜型”(使用方便),却使局端设备变得十分复杂,维护人员除了通信专业知识,还要有坚

实的硬软件、网络基础才能掌控它们。

本书尽可能深入浅出地介绍了常用的电话线(电话网)接入(例如话带 Modem、N-ISDN、ADSL、VDSL、HomePNA 等)、同轴线(有线电视网)接入、网线(以太网)接入、光纤接入(PON 无源光网络)、电力线接入、无线接入等技术的概念,系统构成,调制复用方式,传输协议,技术指标,方便读者理解它们的工作原理。

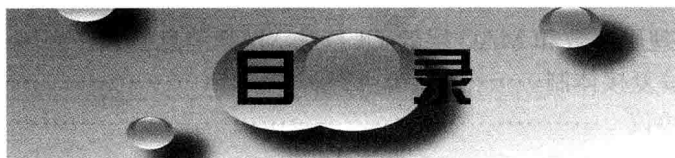
本书可以作为高职高专通信专业的教材,也可供相应的维护测试人员参考。

本书由南京铁道职业技术学院晏蓉主编,天津铁道职业技术学院邵汝峰主审。编写分工如下:南京铁道职业技术学院嵇静婵编写第一、二章,晏蓉编写第三、四章,并统稿。

由于通信技术日新月异,编者水平有限,不当之处在所难免,敬请读者提出宝贵的意见。

编 者

2011 年 7 月



第一章 概 述	1
第一节 接入网的概念.....	1
第二节 宽带接入网分类.....	2
第三节 宽带接入发展趋势.....	3
复习思考题.....	4
第二章 宽带铜线接入	5
第一节 电话线接入.....	5
第二节 同轴线(电视网)接入	36
第三节 网线(以太网)接入	52
第四节 电力线接入(PLC)	55
复习思考题	58
第三章 光纤接入	60
第一节 光纤接入基本概念	60
第二节 以太网无源光网络(EPON)	70
第三节 吉比特无源光网络(GPON)	88
第四节 接入网网管综述.....	115
复习思考题.....	122
第四章 宽带无线接入	123
第一节 无线个域网(WPAN)	124
第二节 无线局域网(WLAN)	136
第三节 无线城域网(WMAN)	156
第四节 无线广域网(WWAN)简介	172
复习思考题.....	177
参考文献	178
缩 略 语	179
附 录	189
附录一 HomePNA 物理层和 MAC 层帧结构.....	189

附录二	以太网帧结构·····	190
附录三	VLAN ·····	192
附录四	HFC 物理层参数和 MAC 层的 UCD 和 MAP 消息格式 ·····	195
附录五	数字传输复接体制·····	198
附录六	GPON 协议 ·····	198
附录七	GPON 光接口参数 ·····	201
附录八	IEEE 802.16 系列各标准·····	202

第一章

概述

接入网(也称用户接入网)是电信网的重要组成部分,能够提供数字化、宽带化的综合业务。在过去相当长时间里,电信网几乎就是电话网的同义词。电话网中的用户环路将用户话机接入电话网,接入网就是用户环路的延伸和扩展,但在带宽和业务承载能力上较用户环路有了质的飞跃。

电信网正在向数字化、宽带化、综合化和个人化的方向发展。其中核心网(传输和交换部分)已经实现了数字化和宽带化。从核心网看,网络的接入部分是信息高速公路的“最后一公里”;从用户端看,接入网是用户进入信息高速公路的“第一公里”。接入网是电信网向用户打开的一扇门,通过这扇门,用户才能享用电信网提供的宽带服务。

第一节 接入网的概念

整个电信网按功能分为三个部分:传送网、交换网和接入网,它们的关系如图 1-1 所示。电信网包含了为不同用户提供各种电信业务的所有传输、复用、交换设备以及各种线路设施。

在电信网中,接入网连接用户和交换节点,主要解决传输、复/分接、资源共享等问题,通常包括用户线传输系统、复用设备、交叉连接设备以及用户/网络接口。

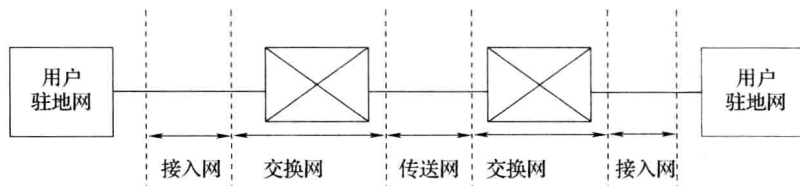


图 1-1 接入网在整个电信网中的位置

根据国际电联关于接入网的规定,接入网是有业务节点接口(SNI)和用户网络接口(UNI)的,为传送电信业务提供承载能力的系统,经 Q 接口进行配置和管理。接入网网络端经由 SNI 与业务节点相连,用户端由 UNI 与用户相连,管理方面则经 Q 接口与电信管理网(TMN)相连,如图 1-2 所示。

业务节点是提供规定业务的实体,业务节点有本地交换机、租用线业务节点或特别配置的点播电视和广播电视业务节点等。

SNI 是接入网和业务节点之间的接口,可分为支持单一接入的 SNI 和综合接入的 SNI。接入网与用户间的 UNI 接口能够支持目前网络所能够提供的各种接入类型和业务。

接入网的管理在电信管理网 TMN 的范围内,不但要完成接入网各功能块的管理,而且要附加完成用户线的测试和故障定位。

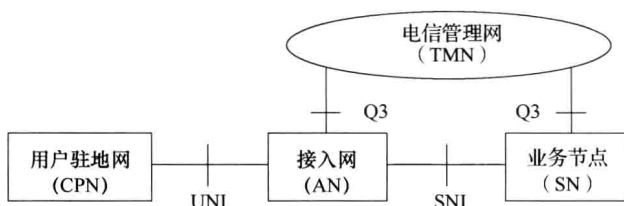


图 1-2 接入网定界

接入网的特点是：

- (1) 接入网对于所接入的业务提供传输能力,对业务透明(即只传送信号,不处理信号)。
- (2) 接入网对用户信令也是透明的,除了一些用户信令格式转换外,信令和业务处理的功能依然在业务节点中。
- (3) 接入网兼容现有的各种接入类型和业务,通过标准化的接口与业务节点相连。
- (4) 接入网有独立于业务节点的网络管理系统,通过标准化的接口连接 TMN, TMN 实施对接入网的操作、维护和管理。

第二节 宽带接入网分类

通常人们把骨干网传输速率在 2.5 Gbit/s 以上、接入网传输速率 1 Mbit/s 以上的网络定义为宽带网。宽带接入在同一传输介质上,利用了各种“古典”通信复用和调制技术去传送数据(物理层),也利用了各种“现代”网络技术来控制用户对共享信道的使用(MAC 层)。

根据接入网中所采用传输介质不同,接入网可分为有线接入网和无线接入网两大类。其中,有线接入网又分为电话线接入(xDSL, HomePNA)、混合光纤同轴电缆接入(HFC)、以太网接入、电力线接入、光纤接入。而无线接入网又分为固定无线接入和移动无线接入两类,其中移动无线接入有蜂窝、地面微波和卫星等不同的形式。

常用的接入网主要有下面几大类,它们可单独使用或混合使用。

(1) 普通双绞线上的 xDSL,它又可分为 IDSL(ISDN 数字用户环路)、HDSL(对称数字用户环路)、SDSL(单线数字用户环路)、ADSL(不对称数字用户环路)、VDSL(甚高速数字用户环路)。上述系统的拓扑结构都是点到点,用户“独享”传输信道,不需要管理用户接入时的冲突。

(2) 混合光纤同轴电缆接入(HFC)系统的拓扑结构是树形或总线形,下行物理通道通常采用广播方式。HFC 与其他接入方式相比的不同之处是下行需要混合传送电视信号与数据信号,上行用一个电视频道的带宽供数据用户“共享”,控制多用户接入有比较复杂的 MAC 层。

(3) 光纤接入系统,可分为有源与无源。有源光纤接入有基于 PDH 和基于 SDH 之分(参见附录五),拓扑结构可以是环形、总线形、星形或它们的混合,也有点对点的应用。无源光纤接入又称无源光网络(PON),有窄带与宽带之分,目前宽带 PON 常用的是 GPON 和 EPON。PON 采用点到多点结构,解决多用户争用上行信道问题,大多采用时分多址(TDMA)接入技术。按光纤向用户延伸的程度,光纤接入系统还可分为光纤到分局(FTTEx)、光纤到配线箱(FTTCab)、光纤到路边(FTTCurb)、光纤到大楼(FTTB)、光纤到办公室(FTTO)、光纤到家(FTTH)。

(4)无线接入系统,技术来自无绳电话、集群电话、蜂窝移动通信、微波通信或卫星通信,可分为很多种类,对应不同的频段,容量、业务带宽和覆盖范围。个域网接入以自组网(Ad-hoc)为工作方式;城域网/广域网无线接入主要的工作方式是点到多点,解决多用户争用上行共享信道的技术有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA);介于它们之间的是无线局域网,组网方式有数种,应用载波侦听/冲突避免(CSMA/CA)协议解决多用户接入的信道争用,应用最为广泛。

第三节 宽带接入发展趋势

随着技术及解决方案的日渐成熟,FTTC/B+VDSL 将会成为面向家庭用户的主要方式。在 FTTx 领域,EPON 开始向 10G EPON 发展,GPON 的成熟度也不断提高,它们的全面普及指日可待。FTTx 和 xDSL 两大主流宽带接入技术的日趋完善,必将推动宽带接入网络的全面部署。

一、光纤接入进入家庭

光纤以大带宽、抗干扰、抗腐蚀等优点,已在接入网中得到广泛应用。随着光纤、光器件价格的进一步下降,光纤接入将成为宽带到家的首选方案。我国接入网馈线的光纤化早已完成,配线和引入线也已经实现了光纤到路边、光纤到小区和光纤到大楼,接入网物理模型如图 1-3 所示。随着业务的发展和网络的演变,光纤接入网的覆盖范围会不断扩大,光纤与用户终端的距离不断缩短,最终走进千家万户。

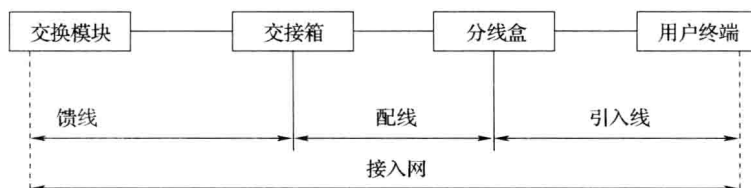


图 1-3 接入网物理模型

在追求高带宽的同时,经济性、方便性总是必须考虑的因素。“尺有所短寸有所长”,光纤接入虽然有巨大的优势,但用户端存有大量的线缆资源,如固定电话双绞线、有线电视的同轴线、无处不在的电力线等,某些情况下充分利用它们,可以节省投资,满足不同程度的宽带业务需求,所以铜线接入技术在相当长一段时间内仍将存在。

二、无线接入广泛应用

过去宽带接入以 xDSL、同轴电缆 Modem、FTTx 等固定接入技术为主。近年来,随着 Wi-Fi/WiMAX 等固定无线接入以及 HSPA 等 3G 增强型技术逐渐成熟,宽带接入无线化的趋势明显,数据传输速率和通信质量已与有线接入相当,在高速因特网接入、信息家电联网、移动办公、军事、救灾、探险等领域有广阔的应用空间。无线接入成本低廉、不受地理环境的约束、支持用户的移动性,将成为光纤接入的重要补充,使人们实现真正意义上的个人通信。其中固定无线接入提供业务快、组网灵活、易维护、初期投资少,允许用户小范围慢速移动,适于农村地区为散居人口提供经济的接入,也可以作为城市改造区域的临时接入手段;与 FTTx+

xDSL、FTTx+LAN 等配合使用可以扩大覆盖范围。

总的来看,宽带接入技术还在快速发展。宽带接入的综合化、IP 化是接入网发展的目标,是满足更高业务要求的技术保障。下一代通信网络是以 IP 为中心并支持语音、数据和多媒体业务的融合网络,接入网将在其中担当重要角色。

复习思考题

1. 接入网处于电信网的什么位置? 有什么作用?
2. 接入网有哪些特点?

第二章

宽带铜线接入

数字通信发展初期人们就开始研究用铜线传输数字信号的技术。从几十年前的 1.2 kbit/s 的调制解调器到今天的 VDSL,铜线传输技术经过了多次飞跃。尽管铜线接入一开始就是过渡性的,但至今仍然是一种应用最广的技术。至于接入带宽的宽窄,由于历史的原因,常以拨号上网速率(话带内)的上限 56 kbit/s 为分界,将 56 kbit/s 及以下的接入称为“窄带”接入,56 kbit/s 以上的接入方式归类于“宽带”接入。

第一节 电话线接入

一、电话线窄带接入

1. PSTN拨号接入

20 世纪 60 年代开始采用拨号方式在电话线上用话带 Modem 传输数据。

Modem 是调制/解调一词的英文缩略词,代表调制解调器。它可以让两台计算机使用公共电话网相互通信。由于公共电话网只能传输语音信号,因此需要 Modem 把计算机的数据转换成音频信号,通过电话线传输到目的地后再解调成数字信息。电话线接入系统如图 2-1 所示。

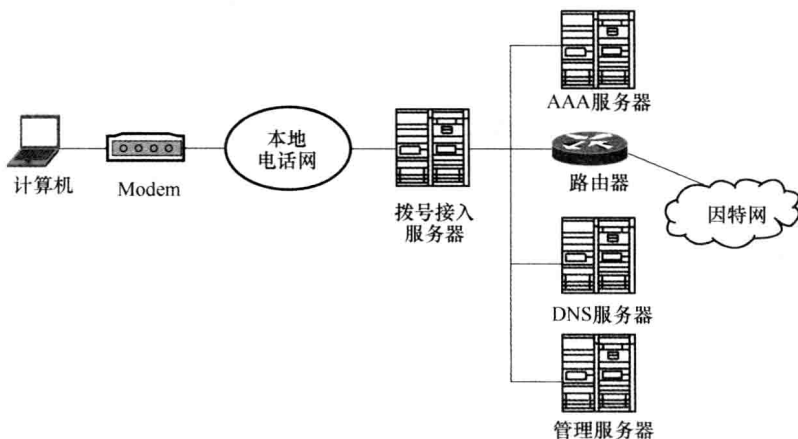


图 2-1 电话线接入示意图

调制解调器的国际标准化开始于 20 世纪 60 年代。1964 通过了第一个 CCITT 调制解调器建议 V. 21,这是一种速率为 200 bit/s 的 FSK Modem。1984 年传输速率增加到了 14.4 kbit/s。20 世纪 90 年代的话带 Modem 最高传输速率达 56 kbit/s。通过 Modem 拨号上网实现的窄带接入,是利用电话线语音带来传输数据信号的,占用了语音信道,所以上网

不能同时打 PSTN 电话,这种技术因为速率低已基本淘汰。

2. N-ISDN

N-ISDN(综合业务数字网),又称“一线通”,也是一种窄带接入技术,利用 2B+D 来实现电话和因特网接入。2B+D 即基本速率接口(BRI),是一条标准的 ISDN 用户电路。它包含两个 B 信道和一个 D 信道,B 信道一般用来传输话音、数据和图像,速率 64 kbit/s,D 信道用来传输控制信令,速率 16 kbit/s。

ISDN 为上网用户提供了两个数字通道,这就是上面提到的“2B”。分开使用时,使用者可以用一个 B 通道连上互联网,同时用另一个 B 通道打电话、收发传真等,ISDN 用编解码器 CODEC 将模拟语音信号编码后到数字 ISDN 链路上传输。当语音信道空闲时,可以两个 B 通道合用以支持 128 kbit/s 的传输速率,这也是 ISDN 最快的传输速率。

ISDN 系统包括交换机和终端设备,其中终端设备种类很多,从功能上讲,主要是 ISDN 网络终端、终端适配器、路由器和可视电话等功能的自由组合,同时提供不同接口如 ISA、PCI、RS-232、USB、模拟电话口、以太网口等以适应不同需求。这里提到的 ISA 是一种系统总线标准,用于微机中各插件板与系统板之间进行数据交换;PCI 是计算机主板上用来插板卡的一种广泛使用的接口;RS-232 是一种串行物理接口标准;USB 接口是一种插即用的扁形小口,其传输速率远远大于传统的并行口和串行口,设备安装简单并且支持热插拔。

二、电话线宽带接入

PSTN 拨号接入方式下,使用电话网线路,可以访问电话线可到达的任何主机,但这也是缺点所在。因为整个电话网络原是按语音传输的要求来设计的,信号速率不仅受线缆衰减的限制,也受到电话网本身的制约。但电话线已经大量铺设,如何充分利用现有的线路资源实现高速接入就成为当时的研究重点。在互联网浪潮的带动下,美国的贝尔通信研究中心发明了第一代数字用户技术并创造了术语 xDSL,这种技术将软件和电子技术结合,可在电话网(POTS)的用户环路上获得至少 2 Mbit/s 的传输带宽,支持对称和非对称传输,缓解了网络服务供应商和最终用户间的“最后一公里”的传输瓶颈问题。

xDSL 是以普通电话线为传输介质的点对点传输技术,它可以在一根线上分别传送数据和语音信号。其中数据信号不通过电话交换设备,不需要拨号,是一直“在线”的上网方式。

xDSL 是各种类型数字用户环路 DSL 的总称。“x”代表着不同种类的数字用户线路技术,有 ADSL、RADSL、VDSL、HDSL、SDSL、IDSL 等等,以采取的调制方式、信号传输速率和距离以及上下行信道的对称性不同来区分。

1. ADSL 技术

ADSL(非对称数字用户环路)是众多 DSL 技术中最成熟最常见的一种,可以实现高速非对称信号的传输,兼容传统的电话业务,一般用户使用的 PPPoE(以太网点对点协议)拨号就是 ADSL。

ADSL 实现的互联网宽带数据接入,上行速率低,下行速率高,有效传输距离在 3~5.5 km 范围以内,特别适合一般家庭用户上网,同时在同一根电话线上仍然可以打电话。ADSL 的特点是:

- (1)利用一对双绞线传输。
- (2)支持非对称传输,上/下行数据速率为 512 kbit/s~1 Mbit/s(上行),1~8 Mbit/s(下行)。
- (3)支持同时传输数据和语音。

ADSL 本身具有一路对一路的特点,即用户端的一个 Modem 对应局端一个相应的端口,应用 ADSL 时,在某一用户处采用某一标准并不影响在另一用户处采用另一标准。

2. RADSL 技术

RADSL(速率自适应非对称数字用户环路)是“自适应速率”的 ADSL,是 ADSL 的一个变种。它同样能够在同一根电话线上同时提供上下行数据通道和语音电话通道,传输距离最远可以达到 5.5 km,能够提供的速度范围与 ADSL 基本相同。

RADSL 与 ADSL 相比最大的不同是,它能够根据传输线路质量的好坏以及传输距离的远近动态调整传输速率,把工作速率调到线路所能处理的最高速率,最大限度地利用通信资源。

3. VDSL 技术

VDSL(甚高速率数字用户环路)是 xDSL 技术中传输速率最快的一种。ITU-T G. 993.1 标准下,在一对电话线上,下行速率可达 13~52 Mbit/s,上行速率可达 3.0~6.0 Mbit/s。但 VDSL 的传输距离较短,一般只在几百米以内。这种技术可作为光纤到路边网络结构的一部分,在较短的距离上提供极高的传输速率,如 FTTC+VDSL。

4. HDSL 技术

HDSL(高速率数字用户环路)是一种上、下行速率相同的 DSL 技术,在两对电话线上的两个方向上数据传输速率均可达到 1.544 Mbit/s,相当于全双工 T1 线路。若是使用三对电话线,速率还可提升到 E1(2.048 Mbit/s)。与传统的 T1/E1(参见附录五)技术相比,HDSL 价格便宜,容易安装,T1/E1 要求每隔 0.9~1.8 km 就安装一个放大器,而在 HDSL 技术支持下,普通 0.4~0.6 mm 电话线的用户环路,不用放大器传输距离可达 3~6 km,比传统的 PCM 技术的传输距离要长一倍以上,如果线径够粗,传输距离可接近 10 km。

HDSL 主要用于数字交换机的连接、高带宽视频会议、远程教学、蜂窝电话基站连接、专用网络建立等。由于它要求传输介质为 2~3 对双绞线,因此常用于中继线路或专用数字线路,一般终端用户不采用该技术。HDSL 的特点是:

- (1)利用两对或三对双绞线传输。
- (2)支持 $N \times 64$ kbit/s 各种速率,最高可达 E1 速率。

总的说来,xDSL 技术允许多种格式的数据、语音和视频信号通过电话线从局端传给远端用户。应用中,对称 DSL 技术主要用于替代传统的 T1/E1 接入技术。与 T1/E1 接入相比,对称 DSL 对线路质量要求低、安装调试简单,通过复用可以同时传送多路语音、视频和数据,广泛应用于通信、校园网互联等领域。非对称 DSL 用于对双向带宽要求不一样的场合,如 Web 浏览、多媒体点播、信息发布等,适用于家庭因特网接入、VOD 系统等。

非对称的 xDSL 不但能加快因特网接入的速度,还能减轻交换网的负荷,一度倍受电信运营公司的青睐。但 xDSL 技术也有其不足之处,它们的覆盖面有限(只能在短距离内提供高速数据传输),传输数据是非对称的(只能单向传输宽带数据,通常是网络的下行方向),因此只能适合一部分应用。

三、电话线接入 ADSL

(一)ADSL 的技术特点

ADSL 中使用的调制和复用技术特点有:

- (1)使用高于 3 kHz 的频带传输数字信号。

(2)使用高性能的离散多音频(DMT)调制编码技术。

(3)使用频分复用(FDM)和回波抵消(EC)技术。

(4)使用信号分离技术。

之所以 ADSL 能用高于 3 kHz 的频带传数字信号,是因为限制话带 Modem(拨号上网)的传输速率并不是电话线本身的问题,而是由于 PSTN 中,为了提高频带利用率和用户数,在交换机的电话线接入点使用了 4 kHz 低通滤波器,这个带宽对应于 64 kbit/s。实际电话线的带宽可达 20~30 MHz 左右,如果能够避开 PSTN 网络的影响,就可以实现远大于 64 kbit/s 的数据传输速率。

DMT(离散多音频调制)是一种比较先进的多载波调制(也称多频调制)技术,基本原理是把电话线的可用带宽分成几百个子信道,每个子信道都有一个载波(各个子信道是完全独立的,在频谱上也是分离的),在不同的载波上分别进行 QAM 调制。QAM 是一种十分成熟且应用广泛的调制技术,它用数字信号去调制载波的幅度和相位,常用 16QAM、32QAM、64QAM 等。这种调制由于载波的幅度和相位都带有信息,所以频谱利用率很高。

QAM 调制前,利用数字信号处理技术,根据线路传送数据的能力,把输入数据“自适应地”分配到每一个子信道上。如果某个子信道无法传数据,就关闭;如果子信道状态良好,则根据其瞬时特性传送 1~11 bit 信息,即系统可以自动调整通信容量。所谓的“根据线路传送数据的能力”是根据电话线回路的衰减特性和噪声特性确定的传送能力。

DMT 不同信道上传输的信息容量(即每个载波调制的数据信号)由当前子信道的传输性能决定。为什么要这样做呢?因为电话线在 0~5.1 MHz 的频率范围内频率特性是非线性的,高频衰减远远大于低频衰减,不但不同频率衰减不同,无线广播等电磁波还对信号造成各种窄带噪声,即噪声干扰情况也不同。将全频带做为一个通道,一个单频噪声干扰就会影响整个传输性能;而将整个频带分成很多信道后,每个信道频带很窄,可认为是线性的。当多载波调制信号在长距离线路上传输时,让信噪比高的子信道传送较多的比特,让被窄带噪声淹没的子信道完全关闭,各个信道根据干扰和衰减情况自动调整传输比特率,这样可以使误码和串音最小,使子系统的通信容量最大,从而获得最佳的传输性能。DMT 的这种动态分配数据的技术使每赫兹带宽可传的比特率大大提高,从而能利用普通电话线向用户提供宽带业务。

使用不同频率传送信息早已在电视和收音机中使用,不同之处在于 DMT 调制可以一次性发送、接收所有信道,既不需要用多个振荡源分别调制信号,又不需要用多个带通滤波器组分离信号。早在 1963 年美国麻省理工学院就已经从理论上证明多载波调制技术可以获得最佳的传输性能,但直到低成本、高性能的数字信号处理器(DSP)成熟后,这一技术才得以实用化。当子信道上采用 QAM 调制方式时,调制可以用快速傅立叶反变换(IFFT)直接变成时间波形,解调可以用快速傅立叶变换(FFT)完成。

DMT 有如下优点:

(1)发送与接收都可通过采用 FFT 和 IFFT 运算的数字信号处理器(DSP)来实现。

(2)由于子信道的频带很窄,其电缆特性近似于线性,不需要采用频域均衡技术来减少失真。

(3)因为干扰脉冲的能量被扩散到许多子信道,可以采用比特交织和前向纠错编码来消除,所以具有较强的抗脉冲干扰能力。

(4)DMT 技术能灵活动态地调整其功率谱,以适应不同用户线路特性。

(5)DMT 技术有利于重新配置上、下行信号速率。

DMT 动态分配数据的技术使频带利用率大大提高,将误码和噪声减至最小,提高了系统

的传输容量。虽然就技术性能和应用灵活性而言,DMT 技术是比较理想的,但是它的灵活性和高性能是靠设备复杂性换取的。

频分复用的作用是将整个信道从频域上划分为独立的两个或多个部分,分别用于上行和下行的信号传输,使得彼此之间不产生干扰。如图 2-2(a)所示,POTS 信道占据原来4 kHz以下的电话频段,上行数字信道占据 10~50 kHz 的中间频段,下行数字信道占据 1 MHz 以下的高端频段。FDM 方式的缺点是下行信号占据的频带较宽,而铜线的衰减随频率的升高迅速增大,所以传输距离有限。为了延长传输距离,需要压缩信号带宽。一种方法是将高速下行数字信道与上行数字信道的频段重叠使用,如图 2-2(b)所示,两者之间的干扰用非对称回波抵消器予以消除。

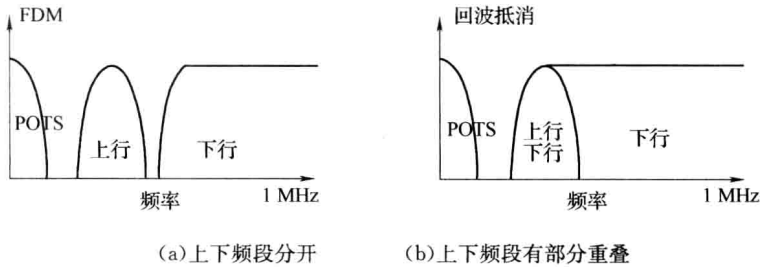


图 2-2 FDM 和回波抵消原理示意图

回波抵消技术(EC)用于上、下行传输频段有重叠的通信系统。如果上、下行传输频段有重叠,信号在二线传输的两个方向上同时间、同频谱的占用线路,两个方向传输的信号是完全混合在一起的。为了分开收、发两线,一般是采用混合电路,即 2/4 线变换器。由于混合平衡网络误差而泄漏的发送信号以及由于线路阻抗不匹配引起反射的本端发送信号,形成“回波”。回波抵消器采用高速自适应数字滤波器,根据从本端发送支路引入的部分发送信号,将回波从接收信号中抵消。这种技术实际上是一种消除码间干扰的自适应均衡技术。前述 HDSL 就是通过回波抵消技术实现一对双绞线上低噪声的全双工传输的。

ADSL 相对于 HDSL 的最大优点之一是能够兼容传统的话音业务,这是通过分离器来实现的。如图 2-3 所示,无源分离器将线路上的音频信号和高频数字调制信号分离,并将音频信号送入电话交换机,高频数字调制信号送入 DSL 接入系统。

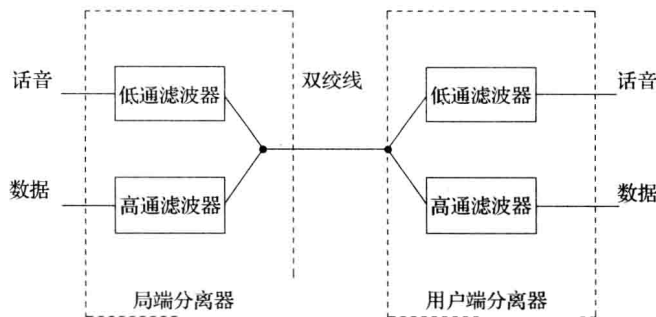


图 2-3 分离器示意图

(二) ADSL 系统结构

1. 局端和用户端设备

ADSL 标准中考虑到不同的用户要求,有两个标准子集,一个是全频段的 G. dmt(8 Mbit/s

下行,1.088 Mbit/s 上行),另一个是简化版的 G. Lite(1.5 Mbit/s 下行,640 kbit/s 上行)。G. lite 不用电话分离器(为了降低成本,方便安装),最大传输距离可达 5 km。ADSL²⁺(G. 992.5 标准),在近距离的最大下行速率已提高到 24 Mbit/s。

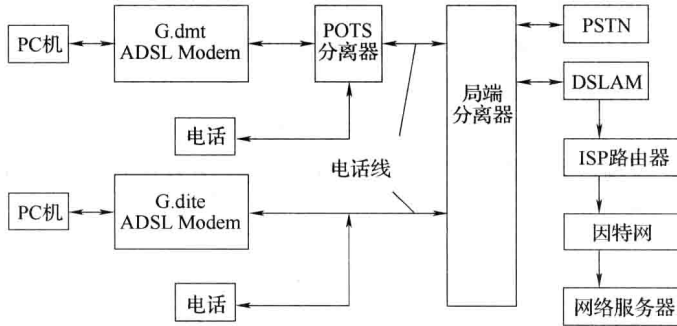


图 2-4 全速率 ADSL 与 G. lite ADSL 系统区别

如图 2-4 所示,上部分是 G. dmt 标准的 ADSL 系统构成,下部分是 G. lite 标准的 ADSL 系统构成,目前的 ADSL 芯片和设备既支持全速率的 ADSL,也支持 G. lite,其中 DSLAM 是 DSL 的接入复用器。

ADSL 接入系统由局端设备和用户端设备组成,局端设备包括在中心机房的 ADSL Modem(即 ATU-C 局端收发模块)和局端分离器以及复接器。用户端设备包括用户 ADSL Modem(即 ATU-R 用户端收发模块)和 POTS 分离器。

用户端的 ADSL 调制解调设备,把用户数据变成 ADSL 信号,用分离器将话音信号和调制好的用户数据信号放在同一条电话线上传送。用户信号传送到交换局后,再通过一个分离器,将话音信号和 ADSL 数字调制信号分开,话音信号交给中心局交换机,ADSL 数字调制信号交给 ADSL 局端设备处理,解出信元或数据帧后,再交给骨干网,如图 2-5 所示。

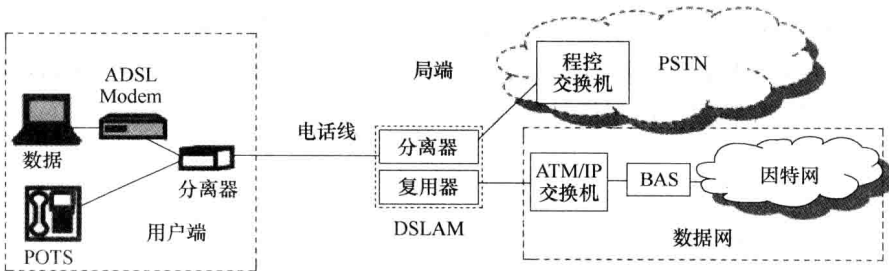


图 2-5 ADSL 系统示意图

图 2-5 中,DSLAM 是数字用户线接入复用器,BAS 是宽带接入服务器,完成用户认证。

ADSL 的局端设备 DSLAM 的功能是对多条 ADSL 线路进行复用,并以高速接口接入高速数据网,如图 2-6 所示。在靠近用户的一端,它把一组 ATU-C 复用起来,并通过 ATR-C 与 ATR-R 连接,而靠近广域网的一端,则通过 TCP/IP 路由器、ATM 交换机、SDH 设备等设备连接到因特网。局端设备在网络连接侧提供 STM-1、ATM、以太网等接口,对用户线路侧提供多个 ADSL 线路接口。DSLAM 支持多种 DSL 技术,只要客户端与机房的 Modem 具备同样的协议栈,即可以作为 xDSL 的多路复用器。它可以放在市话端局或小区,便于更多的用户使用 ADSL,这时需要光接入网的配合。