



通信院校成人教育与高职教育系列教材

接入网技术与系统

JIERUWANG JISHU YU XITONG

李转年 等 编著

1.6



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

接入网技术与系统

李转年 等 编著

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共分5章:第1章介绍接入网的基本概念,重点介绍了它的定义、结构、接口、分类以及它在现代电信网中的地位与作用;第2章介绍铜线接入网,对xDSL特别是ADSL进行了重点介绍;第3章介绍光纤接入网,重点介绍了其关键技术和典型实用系统;第4章主要介绍无线接入网,重点介绍了移动与固定蜂窝系统、卫星接入系统以及无线局域网;第5章较系统地介绍了V5接口及其在接入网中的应用。紧紧围绕各种接入网的关键技术及其典型实用系统来组织内容是本书的一个特色,其目的是力图使其内容新颖、通俗易懂、便于自学,并能结合工程实际。

本书可作为高等职业与成人教育通信专业的本、专科教材或教学参考书、通信技术专业岗位培训教材、通信行业职业技能鉴定辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

接入网技术与系统/李转年等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2003

ISBN 7-5635-0731-0

I.接... II.李... III.接入网—基本知识 IV.TN915.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第050377号

书 名:接入网技术与系统

作 者:李转年等

责任编辑:时友芬

出 版 者:北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路10号)邮编:100876

发行部电话:(010)62282185 62283578(传真)

电子信箱:publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.25

字 数:350千字

印 数:1—3 000册

版 次:2003年8月第1版 2003年8月第1次印刷

ISBN 7-5635-0731-0/TN·295

定价:22.00元

·如有印装质量问题请与北京邮电大学出版社发行部联系·

通信院校成人教育与高职教育教材

编 委 会

顾 问：张筱华

主 任：李文海

副主任：王晓军 严潮斌

委 员：(以姓氏笔划为序)

王立平 王 颖 宁 帆 李 飞 李转年

苏开荣 吴正书 迟学芬 张敏华 顾生华

徐淳宁 曹晓川 蒋青泉

编委会的话

随着我国高等教育规模的扩大和信息通信产业的迅速发展,通信院校专业课程教学面临着新的标准和新的要求。作为普通高等教育的主要组成部分,成人教育和高职教育在新的教学理念和信息化手段影响下,对教材这一重要的教学要素提出了更大的需求。

教材已经成为传授规范知识和方法,完成教学大纲的主要载体。教材的编写质量和使用状况亦体现了任课教师的教学水准,成为课程建设和学科发展水平的重要标志,成为学校的强势学科和特色专业走向成熟的主要表现。所以,各级学校领导和教师历来十分重视教材建设。

上个世纪,原邮电高等函授教学指导委员会讨论审批、推荐出版了一大批教材。现在,它们的成员单位和部分成员重新组织在一起,开始酝酿着教材建设的规划和思路。在这个编委会里,既有原邮电院校成人教育的专家教授,又有通信技术职业学院的领导和教师。大家纷纷响应,且群策群力,就是为了一个共同的愿望:通过信息交流,统一规划,共同编写、出版和使用一批优秀教材。这样的优秀教材应体现现代教育观念,反映信息通信技术发展的最新成果,具有先进性、科学性和教学的适用性,充分体现成人教育和高职教育的特征和本质要求,充分运用现代教育技术、手段与方法。该套教材是经多年教学改革实践检验,教学效果显著,并以立体化形式和配套教学资源完整地呈现出来。

编委会是在原邮电高等函授教学指导委员会的基础上形成,时过境迁,一方面成人教育规模不断扩大;另一方面,高职教育在很多院校蓬勃发展,特别是原省级邮电

学校中的一部分正向职业技术学院发展。这些令人可喜的变化对原有教材体系提出了新的要求。编委会认真研讨了目前教材使用状况和问题,认为有必要将成人教育教材与高职教育教材按其不同的特点和要求适当予以分开,并各自依据课程设置进行系列化建设。编委会进一步认为,成人教育教材应以原有教材体系为基础,根据新的教学要求和教改成果,对部分教材进行修订,并适当增加新课程教材。成人教育教材要注重自学和助学功能,内容要新,方法要活,并适当配套相关学习辅导教材;高职教育教材应成为各院校教材建设的重中之重,它应从两方面齐头并进:一方面是针对专业课和基础课教材以适用性为特征,强调简便易行;另一方面是着手进行实训课程教材的编写,各院校,尤其是部分邮电职业技术学院应共同携手推出一个系列高职教材体系。

“通信院校成人教育与高职教育系列教材”将陆陆续续与广大老师和同学见面,它凝聚着编委会成员及所在院校领导和专家的辛勤努力,凝聚着一批优秀教师和作者的智慧结晶,也许其中有些内容因时间仓促而略显瑕疵,但我们相信,有各个院校教师的关爱和斧正,有广大读者的建议和支持,我们所作的努力必将得到越来越多的人们的赞赏和承认。

前 言

接入网作为一个新概念产生于 20 世纪 90 年代。目前,接入网已经成为现代电信网的一个重要组成部分。

引入接入网的目的是为了突破传统用户环路在整个电信网中的“瓶颈效应”,进而实现用户之间或用户与业务节点之间的信息高速公路,使来自各种用户终端的或业务节点的信息之“车”能方便、快捷地登上信息高速公路,并以最快的速度,安全、可靠地抵达信息目的地。

接入网的引入将使传统电信网的结构发生重大变化,传统的用户环路将由接入网取代。这不仅会使网络中业务节点的覆盖范围扩大,导致整个网络需要的业务节点数减少、整个网络结构简化以及投资减少,而且会促使网络向宽带化、智能化、综合化和个人化的方向发展,从而导致目前的三大网络——电话网、计算机网和电视网融合,进而实现“三网合一”。因此,发展接入网成为当前电信网中的一个新热点。编写本书的目的正是为了适应电信网发展中的这一新热点。

本书的编写目标有两个:一是服务当前我国高等职业与成人教育;二是介绍当前电信网发展的热点技术。从第一个目标出发,本书的编写力求深入浅出,通俗易懂,便于自学,并尽力将抽象的技术原理与实际系统的介绍相结合,以使读者对技术原理的理解不只局限于抽象思维中。通过对具体的实际系统的介绍,试图加深读者对本专业技术原理的理解,并促使其做到理论联系实际,学以致用,培养提高其专业技能;从第二个目标出发,本书尽力跟踪当前接入网发展的最新技术。在对成熟实用技术介绍的基础上,力求编入最新的实用技术,使本书不

仅能服务于我国高等职业技术教育,而且能供接入网运行维护人员参考。

本书内容共分5章:第1章主要介绍接入网的基本概念,重点介绍了它的定义、结构、接口、分类以及它在现代电信网中的地位与作用;第2章主要介绍铜线接入网,对xDSL,特别是ADSL进行了重点介绍;第3章主要介绍光纤接入网,重点介绍了其关键技术和典型实用系统;第4章主要介绍无线接入网,重点介绍了移动与固定蜂窝系统、卫星接入系统以及无线局域网;第5章较系统地介绍了V5接口及其在接入网中的应用。紧紧围绕各种接入网的关键技术及其典型实用系统来组织教材内容,是本教材的一个特色。其目的是力图使本教材内容新颖,通俗易懂,便于自学,并结合工程实际。

本书的教学参考学时为60学时,可作为高等职业教育与成人教育通信专业的本、专科教材或教学参考书;通信技术专业岗位培训教材;通信行业职业技能鉴定辅助教材。

本书由李转年、李莉、曹晓川和孙友伟共同编写,其中李莉编写了第3章部分内容和第4章;曹晓川编写了第2章部分内容;孙友伟编写了第5章部分内容;李转年编写了本书其余部分并对全书进行了统编与定稿。张琦与杨建庆在本书编写中参与了收集资料的工作,作者借此对他们表示衷心感谢。

由于编写时间与作者水平的限制,本书难免会出现疏漏和错误,敬请读者批评指正。

作 者

2003年5月于西安

目 录

第 1 章 接入网概论	1
1.1 电信网模型	1
1.1.1 传统网络	2
1.1.2 现代网络	3
1.1.3 接入网的由来	5
1.2 接入网定义与定界	6
1.2.1 定义	7
1.2.2 定界	7
1.3 接入网功能结构	8
1.3.1 用户口功能组	8
1.3.2 业务口功能组	8
1.3.3 核心功能组	8
1.3.4 传送功能组	9
1.3.5 系统管理功能组	9
1.4 接入网分层模型	9
1.4.1 电路层	10
1.4.2 通道层	11
1.4.3 传输媒质层	11
1.5 接入网接入类型	11
1.6 接入网支持业务	11
1.6.1 话音类业务	12
1.6.2 数据类业务	13
1.6.3 图像通信类业务	14
1.6.4 多媒体业务	14
1.6.5 支持业务的分类	16
1.7 接入网接口	16
1.7.1 UNI	17
1.7.2 SNI	17
1.7.3 Q3	18
1.8 接入网管理	19

1.8.1 功能管理结构	19
1.8.2 AN-NEF 管理	21
1.8.3 AN-SMF 管理	23
1.9 接入网分类	23
1.9.1 按传输媒质分类	23
1.9.2 按传输带宽分类	23
1.9.3 按传输技术分类	23
1.10 接入网供电	24
1.10.1 问题提出	24
1.10.2 远端供电	24
1.10.3 本地供电	25
1.10.4 电源备份	25
1.11 IP 接入网	25
1.11.1 定义与定界	25
1.11.2 应用与位置	26
1.11.3 主要特点	26
1.11.4 演进策略	27
小 结	27
习 题	28
第 2 章 铜线接入网	30
2.1 用户线路网	30
2.1.1 音频对称电缆	30
2.1.2 拓扑结构	31
2.1.3 配线方式	32
2.1.4 传输设计	34
2.1.5 加感技术	35
2.2 数字传输技术	35
2.2.1 双工技术	36
2.2.2 线路编码	40
2.2.3 调制技术	43
2.2.4 均衡技术	46
2.2.5 噪声与回波	48
2.2.6 误码控制	50
2.3 铜线对增容系统	51
2.3.1 信号复用技术	51
2.3.2 线路集中技术	53
2.3.3 PGS 系统特点	54
2.4 数字用户环路概述	54

2.4.1 DSL 发展现状	55
2.4.2 xDSL 系统概述	55
2.5 高速数字用户环路系统	57
2.5.1 系统构成	57
2.5.2 关键技术	58
2.5.3 性能损伤	60
2.5.4 传输标准	60
2.5.5 性能指标	60
2.5.6 接口参数	61
2.5.7 支持业务	62
2.5.8 应用实例	62
2.5.9 HDSL2 简介	63
2.6 非对称数字用户环路系统	64
2.6.1 系统构成	64
2.6.2 调制技术	66
2.6.3 性能损伤	67
2.6.4 支持业务	68
2.6.5 应用实例	68
2.6.6 系统安装	71
2.7 有线电视系统	83
2.7.1 CATV 系统构成	83
2.7.2 CATV 系统双向化	84
小 结	85
习 题	86
第 3 章 光纤接入网	88
3.1 概述	88
3.1.1 发展概况与动力	88
3.1.2 发展目标与意义	89
3.1.3 系统分类与特点	91
3.2 功能结构	92
3.2.1 参考配置	92
3.2.2 基本功能块	92
3.3 拓扑结构	98
3.3.1 单星形结构	98
3.3.2 有源多星形结构	99
3.3.3 无源多星形结构	100
3.3.4 总线形结构	101
3.3.5 环形结构	102

3.4 关键技术	104
3.4.1 光器件技术	104
3.4.2 双工技术	114
3.4.3 复用技术	116
3.4.4 多址技术	119
3.5 NPON 系统	119
3.5.1 系统特点	120
3.5.2 关键技术	120
3.5.3 帧结构	121
3.5.4 工作过程	122
3.6 SDH-AON 系统	122
3.6.1 系统特点	122
3.6.2 应用方案	122
3.7 APON 系统	124
3.7.1 系统特点	124
3.7.2 帧结构	125
3.7.3 关键技术	126
3.8 EPON 系统	128
3.8.1 系统特点	128
3.8.2 帧结构	129
3.8.3 系统类型	130
3.8.4 关键技术	130
3.9 系统举例	130
3.9.1 SDD/TDM/TDMA 系统	131
3.9.2 TDD/TDM/TDMA 系统	133
3.9.3 FDD/TDM/FDMA 系统	134
小结	135
习题	136
第 4 章 无线接入网	138
4.1 概述	138
4.1.1 发展现状	138
4.1.2 分类与特点	139
4.1.3 关键技术	139
4.2 无线本地环路	139
4.2.1 基本结构	139
4.2.2 实现方案	141
4.3 移动蜂窝接入系统	142
4.3.1 GSM 系统	143

4.3.2 Q-CDMA 系统	159
4.4 固定蜂窝接入系统	165
4.4.1 LMDS 系统构成	166
4.4.2 LMDS 关键技术	167
4.4.3 LMDS 应用实例	169
4.5 卫星接入系统	170
4.5.1 概述	170
4.5.2 铱系统	172
4.5.3 全球星系统	173
4.5.4 P-21 系统	173
4.6 无线局域网	175
4.6.1 系统组成	175
4.6.2 拓扑结构	176
4.6.3 关键技术	177
4.6.4 协议标准	177
4.6.5 应用实例	179
小 结	179
习 题	181
第 5 章 V5 接口	183
5.1 概述	183
5.1.1 V5 接口由来	183
5.1.2 V5 接口特点	184
5.2 V5 接口类型	186
5.2.1 V5.1 接口	186
5.2.2 V5.2 接口	186
5.2.3 V5.1 与 V5.2 的比较	186
5.3 V5 接口支持业务	187
5.3.1 即时业务	187
5.3.2 半永久租用线业务	188
5.3.3 永久线路业务	188
5.4 V5 接口功能	189
5.5 V5 接口协议	190
5.5.1 物理层(第一层)	190
5.5.2 数据链路层(第二层)	192
5.5.3 消息协议层(第三层)	195
5.6 V5 接口管理	201
5.7 V5 接口设备	203
5.7.1 V5 接口设备的工作过程	203

5.7.2 V5 接口设备组网	204
5.7.3 V5 接口存在的问题	205
5.8 VB5 接口	206
5.8.1 VB5 接口功能	206
5.8.2 VB5 接口类型	206
5.8.3 VB5 接口支持业务	207
5.8.4 VB5 接口基本应用	207
小 结	208
习 题	208
参考文献	210

第 1 章 接入网概论

接入网 (AN—Access Network) 是整个电信网 (TN—Telecommunication Network) 的一个子网,其作用是连接用户网络 (UN—User Network) 与业务节点 (SN—Service Node),为用户提供各种业务的透明传输。

接入网作为电信网中一个新概念产生于 20 世纪 90 年代。在电信网中引入接入网的目的是为了突破传统用户环路在整个电信网中的“瓶颈效应”,进而实现用户之间或用户与业务节点之间的信息高速公路,使来自各种用户终端的或业务节点的信息之“车”能方便、快捷地登上信息高速公路,并以最快的速度,安全、可靠地抵达信息目的地。

接入网的引入将使传统电信网的结构发生重大变化,传统的用户环路将由接入网取代。这不仅会使网络中业务节点的覆盖范围扩大,从而导致整个网络需要的业务节点数减少,整个网络结构简化以及投资减少,而且会促使网络向宽带化、智能化、综合化和个人化的方向发展,从而导致目前的三大网络——电话网、计算机网和电视网融合,进而实现“三网合一”。

接入网连接千家万户,这里有广阔的技术开发与应用市场。因此,接入网成为当前电信网发展中的一个热点,受到各国厂商、运营商、工程技术人员以及用户的格外关注。

本章将对接入网的基本概念、基本功能和相关技术进行简要介绍。

1.1 电信网模型

电信,顾名思义是 A、B 两个用户利用电(或者光,光本质上是一种电磁波形式)的通信系统进行通信,相互传递信息,如图 1.1.1 所示。但是,图 1.1.1 所示的系统是仅仅为两个用户服务的独立的点到点的电信系统,它并不能被称为电信网。电信网是为众多用户服务的多个点到点的电信系统的集合。它是将多个点到点的电信系统通过交换设备或交叉连接设备按一定的网络拓扑结构集合在一起而构成的,如图 1.1.2 所示。应当指出,图 1.1.2 所示的电信网中一定包含交换或交叉连接设备,这是它与单个电信系统的重要区别。

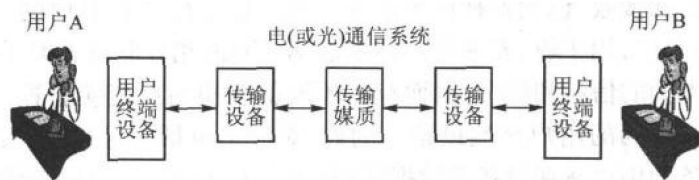


图 1.1.1 点到点电信系统结构模型



图 1.1.2 点到多点电信网结构模型

要了解电信网的结构,必须先了解其结构模型。下面将分别介绍传统电信网和现代电信网的结构模型,从中可以看出接入网的由来及其在现代电信网中的地位与作用。

1.1.1 传统网络

图 1.1.3 示出传统电信网的结构模型。由图可知,构成传统电信网的基本要素有四个,即用户终端设备(UTE—User Terminal Equipment)、网络节点(NN—Network Node)、传输链路(TL—Transmission Link)和用户环路(SL—Subscriber Loop)。

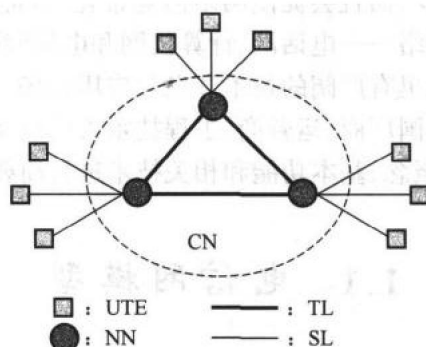


图 1.1.3 传统电信网结构模型

用户终端设备是电信网中的源点(信源)和宿点(信宿),其主要功能是发送信息和接收信息。它包括一些变换和反变换装置,完成相应的信号变换与处理功能。对于发送终端设备,其主要功能是把待发送的信息变换为信道上可传送的信号;对于接收终端设备,其主要功能是把信道上送来的信号恢复为信宿能接收的信息。除此之外,终端设备还必须能够按一定协议产生、发送和接收、识别各种信令信号。这些信令信号在电信网内的作用有二:其一,用于自动交换;其二,用于收、发两用户终端设备之间的相互联系和握手应答。对应于不同的电信业务,有不同的信源和信宿,因而存在不同的变换与反变换装置。所以,对应于不同的电信业务,存在不同的用户终端设备。例如,对应于电话业务的用户终端设备是电话机;对应于数据业务的用户终端设备是数据终端(如个人计算机);对应于传真业务的用户终端设备是传真终端(如传真机);对应于视像业务的用户终端设备是视像终端(如电视机)等。

网络节点是电信网的核心。网络节点的核心设备是节点交换机,它的基本功能是自动

完成接入该节点的链路的汇集、转接接续和交换任务。为此,节点交换机必须能够按照预先规定的一套协议,自动产生、发送和接收、识别工作中所需的各种信令信号。对应于不同的电信业务,节点交换设备的性能要求不同。例如,对于电话业务来说,由于通信的实时性要求,不允许网络引入明显的传输时延,因此,目前主要采用直接接续通话的电路交换方式;对于数据业务来说,由于计算机终端和数据终端通常有各种不同速率,并且,它们对通信的实时性常常没有要求,因此,一般采用存储转发交换方式;对于图像等宽带业务,为了提高效率,则采用先进的 ATM 宽带交换方式。

传输链路是网络节点之间的信号传输通路,它是由网络节点之间的物理传输媒质及其相应的传输设备组成的,其任务是在网络节点之间高速、可靠地传送信号。传输链路的实现方式很多,按照所用的传输媒质,可将其分为两大类:有线传输链路和无线传输链路。前者包括明线、电缆、光纤传输系统;后者包括微波、卫星传输系统等。

多个网络节点由传输链路连接起来,形成电信网的核心,故称其为电信网的“核心网”。

用户环路是连接网络节点与用户终端设备的传输线路,又叫用户线。它是把各种业务的不同用户终端设备连接到电信网的网络交换节点的必由之路。用户环路既可以采用双绞线、音频电缆、明线、同轴电缆、光纤等有线传输方式,也可以采用一点对多点等无线传输方式。但是,无论采用何种传输方式,用户环路与用户终端设备之间总是一一对应的关系,即一个用户终端设备占用一条用户环路,且一条用户环路只能由一个用户终端设备所占用。

需要指出,上述四个基本要素仅仅构成了电信网的“硬件”。一个完整的电信网应当由“硬件”和“软件”两部分组成。所谓“软件”是指电信网的各种规约,其中包括各种信令、协议和标准。这些“软件”的作用是使用户之间、用户与网络节点之间以及网络节点之间建立起共同的“语言”,以便网路能够合理地运行并受到正确的控制,从而达到任意两个用户之间能够快速接通并相互交换信息的目的。需要强调的是,随着技术的发展,“软件”在整个电信网中作用越来越重要,因为电信网的性能在很大程度上决定于“软件”。另外,为了实现灵活和多用,网络中许多原来由“硬件”完成的任务目前都由“软件”来完成,因此,“软件”在整个电信网中的地位变得越来越重要。

目前,如图 1.1.3 所示的核心网的带宽已经比较宽了。可以认为核心网基本实现了信息的宽带高速传输。但是,用户环路的带宽却很窄,一般只有一个模拟话路的带宽(4 kHz)。如果把网络节点看成信息高速公路的入口,则用户环路就像一条“羊肠小道”,成为限制整个电信网传输各种业务信息的“瓶颈”。为了适应电信网向用户提供多种业务,特别是宽带业务的需要,则必须拓宽这条“羊肠小道”,打破其“瓶颈”限制。这样便产生了接入网这一新技术。在现代电信网中,接入网将取代传统的用户环路,从而真正实现信源到信宿的信息高速公路。

1.1.2 现代网络

图 1.1.4 示出现代电信网的结构模型。由图可知,现代电信网由四大部分组成:核心网(CN)、接入网(AN)、用户网(UN)和电信管理网(TMN)。核心网由业务节点(SN—Service Node)(注意:概念上 SN 不同于前面提到的 NN,其理由见 1.2 节)和传输链路构成,主要完成信息的交换与传输任务;接入网由传输媒质(如双绞线、同轴电缆、光纤或无线电波等)和传输设备(如复用设备、集中设备与交叉连接设备等)构成,连接用户网络与核心网,完成用户终端设备与业务节点之间的信息传输任务;用户网络是许多用户终端设备及其与接入网设