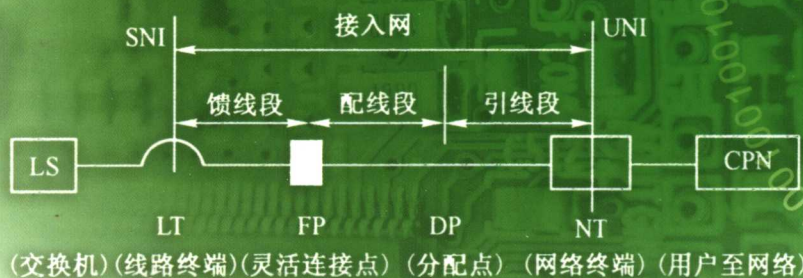
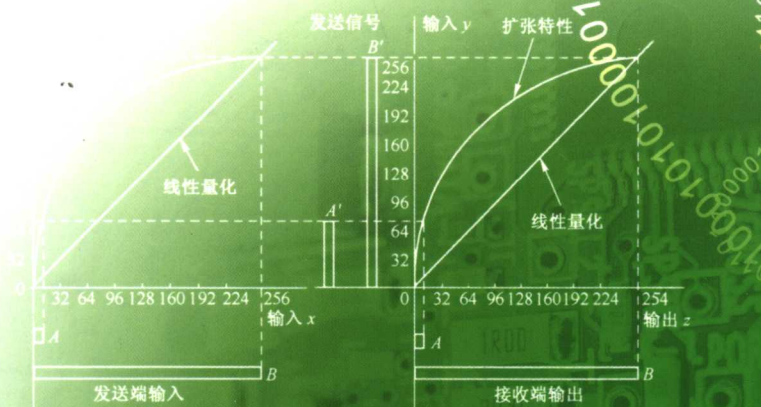


高等学校电子信息类系列教材

光接入网技术及其应用

孙 强 周 虚 编著
李国瑞 主审



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>



高等学校电子信息类系列教材

光接入网技术及其应用

孙 强 周 虚 编著
李国瑞 主审

清华大学出版社
北京交通大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本书比较系统地阐述了目前所应用的各种光纤接入基本原理和主要新技术,注重物理概念和理论的阐述,强调理论联系实际,深入浅出,实用性强。

本书分 10 章,所包含的内容主要有:接入网概论、主流的接入网技术、光接入技术、光接入网、有源光网络、无源光网络、CATV 和 HFC 接入技术、光接入网网管技术、全光网和光接入网名词术语。

本书在内容上力求理论上的系统性和技术上的新颖性、实用性,内容新颖,图文并茂,可作为通信类专业的大学本科生或研究生的教材,也可供从事光纤接入技术的科研与工程技术人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

光接入网技术及其应用/孙强,周虚编著. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2005.9

(高等学校电子信息类系列教材)

ISBN 7-81082-566-6

I. 光… II. ①孙… ②周… III. 光纤通信-接入网 IV. TN915.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 070147 号

责任编辑:黎丹

出版者:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北方交通大学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:13.75 字数:344 千字

版 次:2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-81082-566-6/TN·40

印 数:1~4 000 册 定价:23.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@center.bjtu.edu.cn.

总 序

近年来,我国高等教育经历了重大的改革,已经在教育思想和观念上、教育方法和手段上有了长足的进步,在较大范围和较深层次上取得了成果。为了推进课程改革、加快我国大学教育国际化的进程,教学内容和课程体系改革已经是势在必行。特别在通信与信息领域,随着微电子、光电子技术、计算机技术及光纤等相关技术的发展,尤其是计算机技术与通信技术相结合,使得现代通信正经历着一场变革,各种新技术、新业务、新系统和新应用层出不穷,传统的教学内容和课程体系已不能满足要求,同时教材内容也需要更新。在此背景下,我们决定编写一套紧跟国际科技发展又适合我国国情的“高等学校电子信息类系列教材”,以适应我国高等教育改革的新形势。

“高等学校电子信息类系列教材”涉及传输技术、交换技术、IP技术、接入技术、网络技术及各种新业务等。我们在取得教学改革成果的基础上,组织了一批具有多年教学经验、从事科研工作的教师参与编写这套专业课程系列教材。

本系列专业课程教材具有以下特色:

- 在编写指导思想上,突出实用性、基础性、先进性和时代特征,强调核心知识,结合实际应用,理论与实践相结合。
- 在教材体系上,强调知识结构的系统性和完整性,强调课程间的有机联系,注重学生知识运用能力和创新意识的培养。
- 在教材内容上,重点阐述系统的基本概念和原理、基本组成、基本功能及基本应用,对一些新技术和新应用做较系统的介绍。内容丰富,层次分明,重点突出,叙述简洁,通俗易懂。

本系列专业课程教材包括:

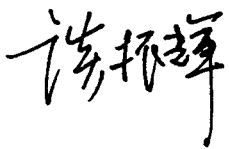
《现代通信概论》、《通信系统原理》、《通信系统学习指南》、《数字通信》、《现代交换技术》、《光纤通信理论基础》、《光纤通信系统及其应用》、《光接入网技术及其应用》、《现代移动通信系统》、《数字微波通信》、《卫星通信》、《现代通信网》、《自动控制原理》、《单片机原理与应用》、《蓝牙技术原理与协议》、《计算机通信网基础》、《多媒体通信》、《数字图像处理学》、《网络信息安全技术》和《光电检测技术》等。

本系列教材的出版得到北京交通大学教务处的的大力支持,同时也得到北京交通大学出版社、清华大学出版社有关同志的精心指导和全力帮助。

本系列教材适合于高等院校通信及相关专业本科生教育,也可作为从事电信工作的技术人员自学教材及培训教材。

“高等学校电子信息类系列教材”

编审委员会主任



2003年10月

前言

信息产业是当今世界经济领域中最有活力和竞争力的产业之一，它影响着人类的生活方式和生活质量。现代电信技术的发展、应用和普及令人瞩目，深受世界各国的广泛重视。接入网是用户网进入城域网/骨干网的桥梁。目前，随着社会信息化进程的加快，接入网已经成为制约网络向宽带化发展的瓶颈。接入网市场容量很大，为了满足用户的需要，新技术不断涌现。网络接入技术已经成为电信研究部门、各大电信公司和运营部门关注的焦点和投资的热点。

建设能把电信、有线电视和计算机等多种行业中的语音、数据、静止或半静止图片，特别是活动视像业务融合为一体的公共通信信息宽带接入网，是现代通信网发生巨大变革的主要环节。具有多媒体的、全业务特性的公共通信信息宽带接入网是建设国家信息基础设施（NII）的基本设施。在未来的通信信息网中具有极其重要的地位，对今后的发展起着关键作用。

采用光纤接入网是光纤通信发展的必然趋势，尽管目前各国发展光纤接入网的步骤各不相同，包括采用有源光网络 AON（如以 PDH 或 SDH 为传输平台）和无源光网络（PON）的光纤接入方式，以实现 FTTC、FTTB，为最终实现 FTTH 打下基础。EPON 由于使用经济而高效的结构，从而成为连接接入网最终用户的一种有效的通信方法。在广播电视系统内，主要采用 HFC 技术作为接入网络，充分利用 CATV 原有网络，同时由于同轴电缆的带宽较大，可作为宽带综合业务的接入平台。

本书在宽带接入课程的基础上，结合光纤通信原理、光接入网的知识及最新的接入技术介绍编写而成。在编写中，我们力求将基本原理和实际应用有机结合在一起，尽量把多种接入技术完整地介绍给读者。

本书分 10 章，第 1 章是接入网概论，详细介绍接入网的定义、发展历史、我国接入市场的现状，以及接入网提供的综合接入业务。第 2 章是从接入网分类来简单介绍各种接入网，包括铜线接入网、光纤接入网、混合光纤/同轴电缆接入网和无线接入网，以及有线无线综合接入网络。第 3 章简单介绍了光纤通信和光纤通信系统，并对光接入网中的复用技术和调制方式做了详细介绍。第 4 章分别从光接入网的定义、参考模型、拓扑结构及网络性能和生存性上介绍光接入网。第 5 章介绍了有源光器件、接入网中的光缆数字线路系统和 SDH 技术在接入网中的应用。第 6 章讲述了无源光接入网的知识，包括无源光器件、PON 结构、APON 关键技术和 EPON。第 7 章介绍了 CATV 网、HFC 技术和 Cable Modem 接入技术。第 8 章讲解了网络管理，这是任何网络都涉及的问题，特别对接入网的网管做了介绍。第 9 章介绍了全光网的一些内容。第 10 章对接入网中的一些名词术语做了分类解释。

本书可作为理工院校通信工程、电子信息工程等专业教材或自学参考书，也可作为从事光纤接入网研究、教学、规划、设计、使用、管理和维护的有关人员参考书。

本书内容全面，知识面广，各部分内容由浅入深，注重基本概念和基本原理。在相关技术的描述过程中，着重介绍设计思想和应用，并结合发展，介绍新技术、新概念。基本

原理概念清楚，语言通俗易懂，内容新颖，图文并茂，可读性强。

本书由孙强编写了第2、3、4、5、6、9章，第1、7、8、10章由周虚编写。在本书的编写过程中，承蒙李国瑞教授审阅，并提出了许多宝贵的修改意见，在此向他表示真挚的谢意。在成稿过程中，研究生张海军、刘宇、李珏、陈静等承担了全部制稿、制图和校改工作，这里一并致谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，望读者批评指正，提出宝贵意见。

作 者

2005年7月于北京交通大学

目 录

第1章 接入网概论	1
1.1 接入网简介	1
1.2 接入网定义	1
1.2.1 接入网的位置	2
1.2.2 接入网的接口	3
1.2.3 接入网的功能模型	4
1.2.4 接入网的层次布局	6
1.3 接入网的发展历史	6
1.3.1 从运营者的角度看接入网的发展历史	6
1.3.2 从技术角度看接入网发展历史	7
1.4 我国接入网市场的现状	8
1.4.1 我国接入网市场概况	8
1.4.2 接入网市场特点	9
1.4.3 接入网市场的背景和技术	10
1.4.4 接入市场的国际形式	11
1.5 接入网发展框架	12
1.6 接入网提供的综合接入业务	12
第2章 主流的接入网技术	18
2.1 接入网的分类	18
2.2 有线接入网	19
2.2.1 铜线接入网	19
2.2.2 光纤接入网	22
2.2.3 混合光纤/同轴电缆(HFC)接入网	25
2.3 无线接入网	26
2.3.1 固定终端接入	28
2.3.2 移动终端接入	28
2.4 有线无线综合接入网	29
第3章 光接入技术	31
3.1 光纤通信简介	31
3.1.1 光纤通信的概念	31
3.1.2 光纤通信使用的频段	31
3.1.3 光纤通信的优点	32
3.2 光纤通信系统	33
3.2.1 光纤通信系统的基本组成	33

3.2.2 光纤通信系统的应用	34
3.3 光接入网中的调制方式	35
3.3.1 QAM 调制	35
3.3.2 CAP 调制	39
3.3.3 DMT 调制	39
3.3.4 QPSK 调制	41
3.4 光接入网中的复用方式	41
3.4.1 波分复用(WDM)技术	42
3.4.2 频分复用(FDM)技术	50
3.4.3 副载波复用(SCM)技术	51
3.4.4 时分复用(TDM)技术	52
3.4.5 空分复用(SDM)技术	52
3.4.6 光码分复用(OCDM)技术	53
第4章 光接入网	54
4.1 光接入网的概念	54
4.2 光接入网的参考模型	55
4.2.1 系统接入方式	55
4.2.2 参考配置	56
4.2.3 应用类型	58
4.2.4 业务支持能力	59
4.2.5 配置结构的选择	60
4.3 光接入网的拓扑结构	61
4.3.1 接入网的拓扑结构	61
4.3.2 接入网的网络拓扑结构特点	63
4.3.3 光接入网的网络拓扑结构	63
4.4 光接入网的网络性能和生存性	67
4.4.1 光纤接入网中点到点结构的保护	68
4.4.2 光纤接入网中自愈环结构的保护	69
第5章 有源光网络	73
5.1 有源光网络的概念	73
5.2 半导体光源	74
5.2.1 半导体激光器	74
5.2.2 半导体发光二极管光源	77
5.3 光电检测器	83
5.3.1 概述	83
5.3.2 光电检测器的物理原理	83
5.3.3 PIN 光电二极管	84
5.3.4 雪崩光电二极管(APD)	85
5.3.5 长波长光电检测器	90

5.4 接入网中的光缆数字线路系统	90
5.4.1 PDH 光缆数字线路系统	91
5.4.2 SDH 光缆数字线路系统	94
5.5 SDH 技术在接入网中的应用	99
5.5.1 基本的物理拓扑	99
5.5.2 光接入网的结构	100
5.5.3 接入网中使用的 SDH 复用设备的特点	101
5.5.4 接入网对 SDH 设备的要求	103
第6章 无源光网络	106
6.1 无源光网络的概念	106
6.2 无源光器件	106
6.2.1 光纤的连接与光纤连接器	107
6.2.2 光纤分路器及耦合器	113
6.2.3 光波分复用器	115
6.2.4 光隔离器	116
6.2.5 光开关	116
6.2.6 光可变衰减器	118
6.3 PON 的基本概念和结构	119
6.3.1 基本概念和特点	119
6.3.2 其他的 PON 技术	121
6.4 PON 的构成和功能结构	124
6.4.1 PON 的构成	124
6.4.2 PON 的功能结构	125
6.4.3 操作维护管理功能	127
6.4.4 PON 的传输复用技术	128
6.5 APON(ATM 无源光纤网)的关键技术	128
6.5.1 APON 的产生及优点	129
6.5.2 APON 系统结构	130
6.5.3 APON 系统的技术难点	133
6.5.4 APON 的接入控制方案及帧结构	136
6.5.5 APON 系统的发展趋势	138
6.6 以太网无源光网络	141
第7章 CATV 和 HFC 接入技术	145
7.1 CATV 网	145
7.1.1 CATV 网的结构	145
7.1.2 CATV 网的改进与未来	146
7.1.3 我国 CATV 网的开发情况	147
7.2 HFC	147
7.2.1 HFC 系统结构	149

7.2.2	HFC 的网络结构	150
7.2.3	HFC 的频谱	151
7.3	电缆调制解调器(Cable Modem)	153
7.3.1	电缆调制解调器的发展	153
7.3.2	电缆调制解调器的原理和使用	155
7.3.3	电缆调制解调器和 ADSL 的比较	159
第 8 章	光接入网网管技术	162
8.1	网管技术	162
8.1.1	基于 TMN 的网管技术	162
8.1.2	基于 CORBA 的网管技术	171
8.2	接入网网管功能	175
8.2.1	接入网网管系统功能结构	176
8.2.2	接入网网管系统的接口	177
8.2.3	接入网网管向 TMN 的过渡	178
8.3	光接入网网管系统功能实现	178
8.3.1	光纤接入网的管理	178
8.3.2	光纤接入网管理系统的操作	181
第 9 章	全光网	186
9.1	全光网络系统	186
9.1.1	全光网的概念	187
9.1.2	全光网的性能	188
9.1.3	全光网类型	189
9.1.4	全光网的构成	190
9.1.5	全光网的分层结构	193
9.2	全光网络器件	194
9.2.1	全光网络使用的光无源器件的特点及类型	194
9.2.2	全光网络使用的有源器件的特点及类型	195
9.3	全光接入网	196
9.3.1	WDM-PON	196
9.3.2	WDM/OCDMA-PON	197
附录 A	光接入网名词术语	198
A.1	有关接入网功能结构的名词术语	198
A.2	有关接入网设备的名词术语	201
A.3	有关接入网技术和测试的名词术语	205
参考文献		207

第1章 接入网概论

接入网是电信网的重要组成部分，由于它为用户提供方便的接入网络，所以受到越来越多的关注。本章着重介绍了接入网在电信网络中的位置及组成，然后讲述了接入网的发展历史和接入网的现状。

1.1 接入网简介

电信网包含了各种电信业务的所有传输及复用设备、交换设备，以及各种线路设施等。整个电信网按功能可分为3个部分，即传输网、交换网和接入网，它们的关系如图1-1所示。



图 1-1 电信网功能模型

接入网是电信网的组成部分，负责将电信业务透明传送到用户。也就是说，用户通过接入网的传输，能灵活地接入到不同的电信业务节点上。具体而言，接入网即为本地交换机与用户之间的连接部分，通常包括用户线传输系统、复用设备、交叉连接设备或用户终端设备或网络终端设备。

接入网不但在电信网中有重要作用，而且在未来的通信信息网中具有极其重要的地位，对今后的发展起着关键作用。

首先，它是电信网和通信信息网中最大的部分，它的建设费用占建网总费用的二分之一以上。其次，接入网直接面对广大的用户和各种应用系统，它的服务质量和内容直接影响通信网的发展。事实上，大部分业务只需由接入网而不必通过核心网就可完成。最后，接入网是完成语音、数据、活动视像等全业务综合的、最主要的部分和必经之路，因此它也是当前信息通信中高新技术竞争最剧烈和发展最快的部分。

由于传统的铜线接入方式已独占天下近百年，所以接入网是开创新天地、建设国家信息基础结构(National Information Infrastructure, NII)的关键。建设能把电信、有线电视和计算机等多种行业中的语音、数据、静止或半静止图片，特别是活动视像业务融合为一体的公共通信信息宽带接入网，是现代电信网发生巨大变革的主要环节，具有多媒体的、全业务特性的公共通信信息宽带接入网是建设国家信息基础结构(NII)的基本设施。

1.2 接入网定义

接入网有时也称为本地环路(Local Loop)、用户网(Subscriber's Network)、用户环

路系统。接入网是指从端局到用户之间的所有机线设备。由于各国经济、地理、人口分布的不同,用户网的拓扑结构也各不相同。一个典型的用户环路结构可以用图 1-2 表示。其中主干电缆段一般长数公里(很少超过 10 km),分配电缆长数百米,而引入线通常仅数十米而已。接入网包括市话端局或远端交换模块(Remote Switch Unit, RSU)与用户之间的部分,主要完成交叉连接、复用和传输功能。接入网一般不含交换功能。有时从维护的角度将端局至用户之间的部分统称为接入网,不再计较是否包含远端交换模块(RSU)。

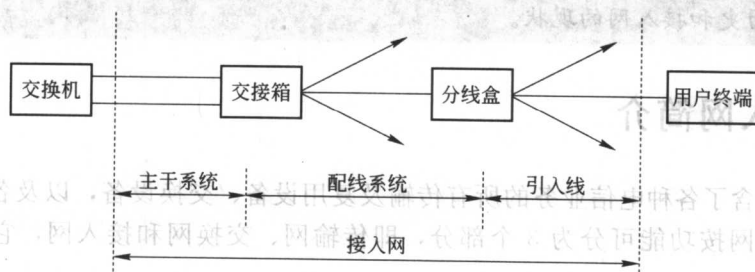
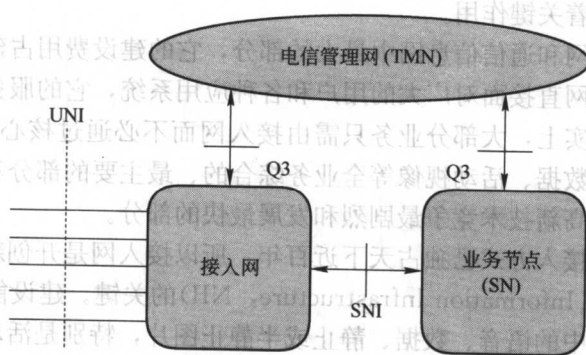


图 1-2 用户环路结构

国际电信联盟(ITU-T)第 13 组于 1995 年 7 月通过了关于接入网框架结构方面的新建议 G. 902, 其中对接入网的定义如下。

接入网由业务节点接口(Services Node Interface, SNI)和用户网络接口(User Network Interface, UNI)之间的一系列传送实体(如线路设施和传输设施)组成,为供给电信业务而提供所需传送承载能力的实施系统,可经由管理接口(Q3)配置、管理。原则上对接入网可以实现的 UNI 和 SNI 的类型和数目没有限制。接入网不解释信令。

接入网由其接口界定。用户终端通过用户网络接口(UNI)连接到接入网,接入网通过业务节点接口(SNI)连接到业务节点(Services Node, SN),通过 Q3 接口连接到电信管理网(Telecommunication Management Network, TMN),如图 1-3 所示。



下面分别介绍接入网的位置、接口、功能模型及其布局。

1.2.1 接入网的位置

在以语音为主的通信时代,整个通信网分为三部分:传输网、交换网、接入网,

如图 1-4。

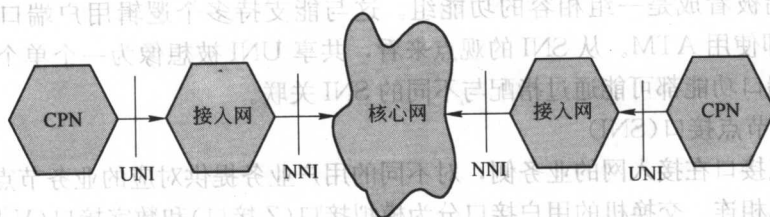


图 1-4 接入网在电信网中的位置

图 1-4 中, CPN——用户驻地网, Customer Premises Network; NNI——网络节点接口, Network Node Interface。

接入网与干线网相比,有以下几点区别。从结构上讲,干线网比较稳定,不随最终用户的变化而变化,而接入网随最终用户的不同而变化,以满足用户要求;此外接入网的可预测性小,难以满足用户新增业务的要求,反之干线网容量大,可预测性比较强。从业务上讲,干线网主要传送比特业务,而接入网必须支持不同的业务且管理分散,不像干线网那样高密度的集中管理。从技术上讲,干线网目前主要以光纤传送为主,技术选择性小,而接入网可以选择的技术很多。

由于电信网经过多年的发展,从采用的技术、提供的业务等各方面都发生了巨大的变化,传统的用户环路已不能适应当前和未来电信网发展。ITU-T 根据电信网的发展演变趋势,提出接入网(Access Network, AN)概念的目的是综合考虑本地交换机(Local Exchange, LE)、用户混合的终端设备(Terminal Equipment, TE),通过有限的标准化接口,将各种用户接入到业务节点。接入网使用的传输媒介是多种多样的,它可以灵活支持混合的、不同的接入类型和业务。早在 20 世纪 80 年代,国外就开始了光纤接入网的研究和试验,从技术上对光纤接入网的能力进行了研究,并勾画出光纤到家庭(Fiber To The Home, FTTH)的美好未来。但是由于 FTTH 的成本、用户对宽带业务的需求及信源压缩技术的发展等原因,人们普遍认为大规模实现 FTTH 将会有所推迟,而转向降低接入网成本、提供窄带业务的研究,提出首先实现光纤到路边(Fiber To The Curb, FTTC)和光纤到大楼(Fiber To The Building, FTTB),然后逐渐向家庭延伸,从窄带业务向宽带业务发展。20 世纪 90 年代以后,随着 ATM(Asynchronous Transfer Mode)和 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)技术的成熟及各种接入网新技术的不断涌现,国外开展了各种接入网的试验。技术的进步和元器件成本的下降,使得以窄带为基础的光纤接入网已相当成熟,并开始了大规模的推广应用,同时宽带接入网也逐渐走向实用化。

1.2.2 接入网的接口

接入网的接口有用户网络接口(UNI)、业务节点接口(SNI)和网络管理接口(如 Q3 接口)。

(1) 用户网络接口(UNI)

用户网络接口在接入网的用户侧,支持各种业务的接入,如模拟电话接入、N-ISDN(Narrow-Integrated Services Digital Broadcasting)业务接入、B-ISDN(Band Width-Integrated Services Digital Broadcasting)业务接入,以及租用线业务的接入。对于不同的业务,采用不同的接入方式,对应不同的接口类型。

UNI 分单个 UNI 和共享 UNI。在单个 UNI 情况下,逻辑用户端口功能和 UNI 的传输媒质层终端被看成是一组相容的功能组。这与能支持多个逻辑用户端口功能的共享 UNI 不同,即使用 ATM。从 SNI 的观点来看,共享 UNI 被想像为一个单个的 UNI,每个逻辑用户端口功能都可能通过指配与不同的 SNI 关联。

(2) 业务节点接口(SNI)

业务节点接口在接入网的业务侧,对不同的用户业务提供对应的业务节点接口,使业务能与交换机相连。交换机的用户接口分为模拟接口(Z 接口)和数字接口(V 接口)。V 接口经历了从 V1 接口到 V5 接口的发展,V5 接口又分为 V5.1 和 V5.2 接口。

业务节点接口是接入网和业务节点之间的接口。如果接入网的 SNI 侧和业务节点的 SNI 侧不在同一个位置,应该通过透明传送通道实现接入网和业务节点的远端连接。

(3) 网络管理接口(Q3)

Q3 接口是电信管理网(TMN)与电信网各部分相连的标准接口。作为电信网的一部分,接入网的管理也必须符合 TMN 的策略。接入网是通过 Q3 与 TMN 相连来实施 TMN 对接入网的管理与协调,从而提供用户所需的接入类型及承载能力。

由于 Q3 接口的标准化工作还没有完成,实际使用中多数是通过较简单的 Qx 接口,由中间协调设备实现对接入网中的网元管理,然后再通过 Q3 接口实现与 TMN 之间管理信息的传递。

接入网依赖于各种接口将各种类型的业务从用户端接入到各电信业务网。接入网用户侧的用户网络接口(UNI)支持各种业务的接入,如模拟电话、N-ISDN 业务、B-ISDN 业务接入,以及数字或模拟租用线业务的接入。

接入网业务侧的业务节点接口(SNI)将各种业务与交换机连接。交换端的用户接口有模拟接口(Z 接口)和数字接口(V 接口)。在现有数字交换设备下,Z 接口要进行模/数转换。目前已定义的 V 接口为:V1(2B+D+CV1)、V2(任意接入类型组合)、V3(30B+D 或 23B+D)、V4 $[m \cdot (2B+D) + CV1]$ (CV 为 V 接口的通信通道)接口,分别对应 ISDN 基本接入、远端或本地用户数字设备、用户设备(如分组自动用户交换机 PABX)及接多个 ISDN(2B+D)终端等。以上 4 种接口的标准度不高,通用性差。为适应接入网范围内的多种传输媒质、多种接入配置和业务,V5.1、V5.2 开放接口相继出现。

V5.1 接口速率为单个 2 048 Kbps,对应的 AN 包含集中器的功能,可支持 PSTN (Public Switched Telephone Network,公用电话交换网)和 ISDN(Integrated Services Digital Network,综合业务数字广播)基本接入,建立永久、半永久和数字租用线连接。

V5.2 接口可含 1~16 个 2 048 Kbps 并行链路,增加了接入网集中器功能和支持多链路运用的链控规程和保护规程,它除了支持 V5.1 接口业务和帧中继外,还支持 ISDN 基群速率(30B+D)和 H01(384 kbit/s)与 H12(1 920 kbit/s)和 $N \times 64$ kbit/s 业务。

V5 接口是本地交换机(LE)数字用户侧未来的发展方向,今后还将有针对 SDH 速率的 V5.3 接口、针对宽带业务的 V5.B 接口和租用线业务的 U 接口。

1.2.3 接入网的功能模型

接入网分成 5 个基本的功能组,即用户端口功能(User Port Function, UPF)、业务端口功能(Service Port Function, SPF)、核心功能(Core Function, CF)、传送功能

(Transport Function, TF)和系统管理功能(System Management Function, SMF)。图1-5是接入网功能组结构及功能组之间的相互连接示意图。

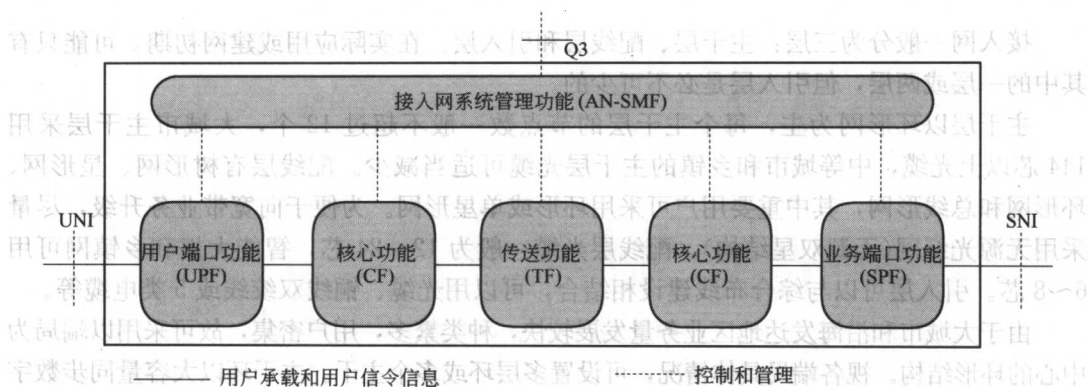


图1-5 接入网的功能结构

(1) 用户端口功能(UPF)

用户端口功能模块将特定 UNI 的要求适配到核心功能模块和管理功能模块，其功能包括 UNI 功能的终接、A/D 转换、信令转换、UNI 的激活/去激活、UNI 承载通路/承载能力的处理、UNI 的测试、UPF 的维护、管理功能、控制功能。

(2) 业务端口功能(SPF)

业务端口功能模块将特定 SNI 定义的要求适配到公共承载体，以便在核心功能模块中加以处理，并选择相关的信息用于接入网中管理模块的处理。其功能包括 SNI 功能的终接，对承载要求、实时管理和操作要求映射到核心功能(如果对特殊的 SNI 有协议要求，则作协议映射)、SNI 的测试、SPF 的维护、管理功能、控制功能。

(3) 核心功能(CF)

核心功能模块位于用户接口功能模块和业务接口功能模块之间，适配各个用户接口承载体或业务接口承载体要求进入公共传承载体，包括依据所要求的协议适配和用于在接入网内传送的复用要求进行协议承载处理。核心功能可分布于整个接入网内，其功能包括接入承载处理、承载通路集中，信令和分组信息复用，对 ATM 传送承载的电路仿真、管理功能、控制功能。

(4) 传送功能(TF)

传送功能模块在接入网内的不同位置之间，为公共承载体的传送提供通道和传输媒介适配。其功能包括复用功能、含业务疏导和配置的交叉连接功能、管理功能、物理媒介功能。

(5) 接入网系统管理功能(AN-SMF)

接入网系统管理功能模块对接入网中的用户接口功能模块、业务接口功能模块、核心功能模块和传送功能模块进行指配、操作和管理，同时也负责协调用户终端(经 UNI)和业务节点(经 SNI)的操作功能。其功能包括配置和控制功能、协调指配功能、故障检测/故障指示功能、采集使用信息和性能数据功能、安全控制功能、实时管理，以及对 UPF 操作要求和通过 SNI 业务节点的操作要求协调、资源管理功能。

AN-SMF 与 TMN 通过 Q3 接口通信，从而进行监视和控制。根据接入网管理功能和 SNI 规定，与 AN-SMF 通过 SNI 通信，可以满足实时控制要求。

1.2.4 接入网的层次布局

接入网一般分为三层：主干层、配线层和引入层。在实际应用或建网初期，可能只有其中的一层或两层，但引入层是必不可少的。

主干层以环形网为主，每个主干层的节点数一般不超过 12 个，大城市主干层采用 144 芯以上光缆，中等城市和乡镇的主干层光缆可适当减少。配线层有树形网、星形网、环形网和总线形网，其中重要用户可采用环形或单星形网。为便于向宽带业务升级，尽量采用无源光纤网(无源双星结构)。配线层光缆一般为 12~24 芯，智能大楼和乡镇网可用 6~8 芯。引入层可以与综合布线建设相结合，可以用光缆、铜线双绞线或 5 类电缆等。

由于大城市和沿海发达地区业务量发展较快，种类繁多，用户密集，故可采用以端局为中心的环形结构。视各端局具体情况，可设置多层环或多个主干。主干环以大容量同步数字传输系统为主，重要用户备双重路由，各小区节点分别按区域划分，接入主干环。由于中小城市和农村用户密度较低，业务种类简单，宽带新业务需求较少，可暂时采用星形结构，视具体业务及环境选择有源双星或无源双星网，待用户和业务发展后再逐步建立环形网。

为了提高网络性能，优化网络结构，减少不合理的网络布局，最重要的方案便是减少网络层次，实现“少局所、大容量”，逐步向两级网过渡。目前，我国正在进行“拆点并网”，逐渐引入光纤，扩大接入网的覆盖范围，首先满足当前窄带业务的需要，然后再根据业务的需要，逐渐发展宽带业务。现在建设的窄带接入网要能够实现平稳过渡，在向宽带业务升级时，不能影响已有网络和设备的正常工作，为此就要做好接入网的发展规划。

1.3 接入网的发展历史

随着 1876 年电话机的发明，电话用户环路的存在，19 世纪 90 年代局用主配线架、双绞线对和供电电源的发明，标志着用户接入网基本形成，只是当时的接入网仅为用户线而已。这种基本配置的接入网保持了近一个世纪而没有重大的改进，19 世纪仅有的改进工作也只集中在改善双绞线对的质量和使接入网成本最优化。

1975 年，英国电讯(BT)在苏格兰哥拉斯哥(Glasgow)举行的一次研讨会上首次提出了接入网的概念——一个降低接入段线路投资的组网概念。1976 年在曼彻斯特(Manchester)进行了组网可行性试验，1977 年在苏格兰和伦敦地区进行了大规模的推广应用。1978 年，在哥拉斯哥会议上正式肯定这种组网方式，并命名为“接入网组网”技术，随后由 Willems 等人共同编辑了此次会议的文献集——《电信网技术》。

1978 年，BT 在 CCITT(Consultative Committee of International Telephone & Telegraphy, 国际电报电话咨询委员会)相关会议上正式提出接入网组网概念，1979 年 CCITT 用远端用户集线器(Remote Subscriber Concentration, RSC)命名方式给具备类似性能的设备进行了框架描述，这些标志着接入网技术得到国际电信技术界的认同。

1.3.1 从运营者的角度看接入网的发展历史

20 世纪 60 年代出现的数字传输技术使接入网的面貌发生了根本的改观。20 世纪 70

年代末数字程控交换机(Switch Program Control, SPC)的大规模商业化,使得 RSC 的概念发展为 RSU(Remote Subscriber Unit, 远端模块, 不带本地交换)、RSM(Remote Switching Module, 远程交换模块, 带本地交换)两部分。由于接入网概念普遍被电信运营商和设备供应商接受,加上数/模混合网时代的来临,PCM(Pulse Code Modulation, 脉冲调制)数字复用传输设备从更高程度减少了 RSU(或 RSM)与主控设备之间的实线连接数量,并作为一种过渡性的网关接口设备较好地解决了数/模混合网中模拟设备与数字设备之间的互连互通问题。于是一些新崛起的中小企业开始涉足 RSU 及 PCM 复用设备的生产制造,并展开了与传统的具有垄断地位的电信设备供应商之间的竞争。运营者注意到这种竞争将给自己带来可观的经济利益,并可在一定程度上摆脱传统设备供应商的制约,于是在 CCITT 上公开支持这种竞争,并希望通过标准化程序使之获得稳定的发展。在 20 世纪 80 年代初期,CCITT 相关工作组先后提出了 V1、V2、V3、V4 四种数字接口的一般性建议。由于运营者、传统设备供应商、新的竞争者之间错综复杂的经济利益关系,使得上述四种数字接口建议最终未能取得广泛认同。

20 世纪 80 年代后期,在各方面的推动下,ITU-T 开始着手制定标准化程度较高的数字接口规范 V5. X,并对接入网做了较为科学的界定(尽管还存在不少值得商榷和明显疏漏的问题)。V5. X 促使接入网设备长期处于被大制造商控制的局面出现崩溃,运营者可以从设备供应商之间的竞争中获得更多的好处(包括经济的、技术的)。但是,随着网络规模的急速膨胀,运营业的网络管理,特别是由于接入网中物理节点显著增加,以及许多相关问题日趋复杂化,网管危机开始出现。电信管理网(TMN)概念的提出就是运营业为在多设备供应商环境下寻求高效管理能力解决网管问题的又一新的努力。由于历史的原因,大制造商不愿为失去市场份额和利润水平保持沉默,转而在接入网网管问题上采取了从技术标准到竞争策略的全方位反攻,其直接的结果就是想方设法对 ITU-T 在接入网网管建议的制定方面制造困难,以便达到网管不通,进而使运营者失去对基于 V5. X 标准的其他供应商产品的不自觉抵制(由于网管不通,会使运营者在使用标准接口的接入网产品方面产生管理障碍和心理障碍)。

新进入电信产品市场的竞争企业只有依靠不断推出新的技术概念,并宣传可能为运营业带来的好处以期获得来自市场方面的支持。20 世纪 90 年代以来宽带、无线技术的发展,特别是人们普遍认为 B-ISDN 时代即将来临,接入网有可能为新的运营公司提供发展机会,为老的运营公司提供增值业务,于是 ITU-T 终于在 1998 年基本完成了 VB5 建议的制订方案。与此同时,运营业的垄断行为也正在发达国家受到不可阻挡的挑战,新出现的运营者必须采用更为先进的技术手段(如宽带、无线接入等),以尽可能地减少或降低地面线路的投资风险。

正是由于上述原因,才使得接入网技术仍能以较强的势头持续发展至今。

1.3.2 从技术角度看接入网发展历史

20 世纪 80 年代,随着电子技术的发展,使得 PCM 技术的一次群速率的经济传输距离从原来的 20~25 km 下降到 6~8 km,这样 PCM 技术就能应用到农村网上,扩大了接入网的规模。

接入网最大的一次飞跃应该说是光纤的诞生和应用。光纤的一个最大优点是高带宽