



普通高等学校
电类规划教材
电子信息与通信工程



接入网技术

第4版

◎张中荃 主编

- 内容全面，知识面广
- 由浅入深，注重基本概念和基本原理
- 着重介绍设计思想和应用



中国工信出版集团

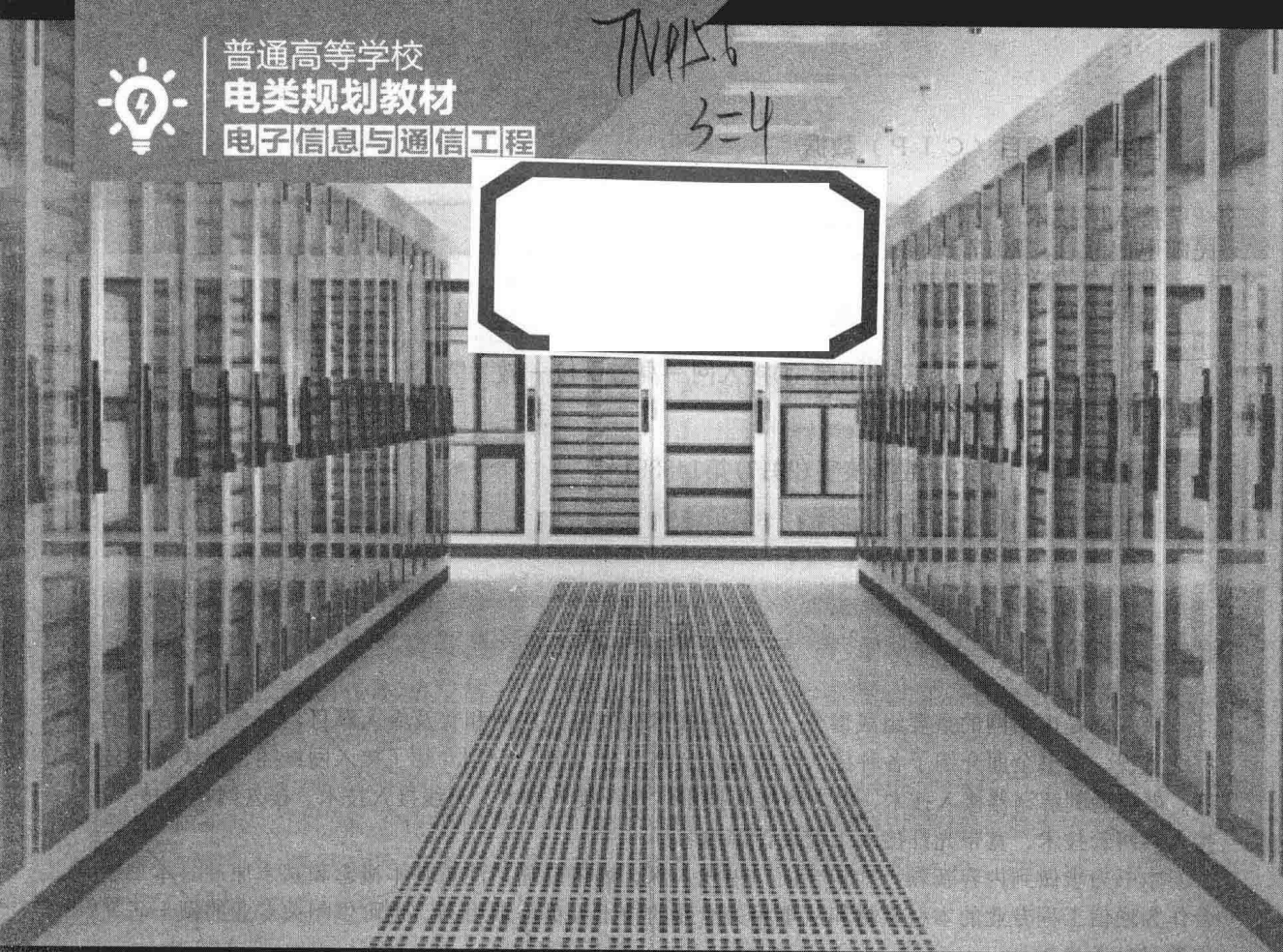
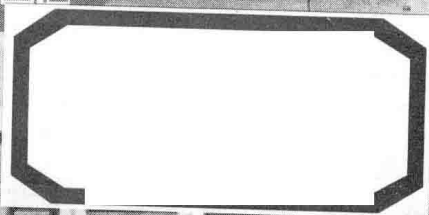


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



普通高等学校
电类规划教材
电子信息与通信工程

TNPS.6
3=4



接入网技术



第4版

◎张中荃 主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

接入网技术 / 张中荃主编. -- 4版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2017.8
普通高等学校电类规划教材. 电子信息与通信工程
ISBN 978-7-115-46034-9

I. ①接… II. ①张… III. ①接入网—高等学校—教材 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第148391号

内 容 提 要

接入网是电信网的重要组成部分。接入网技术的发展、应用和普及令人瞩目,深受世界各国的广泛重视。本书全面介绍了各种接入网技术。全书共分9章,分别介绍了接入网概述、铜线接入技术、电缆调制解调器接入技术、以太网接入技术、光纤接入技术、无线接入技术、接入网接口技术、接入网网管技术、宽带光纤接入工程设计等内容。

本书力求做到内容新颖、知识全面、由浅入深、通俗易懂,注重基本概念和基本原理。本书适合作为通信工程专业的本科教材和从事相关专业的技术人员培训用书,也可供相关专业的硕士研究生学习参考。

◆ 主 编 张中荃

责任编辑 李 召

责任印制 陈 犇

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.75

2017年8月第4版

字数: 522千字

2017年8月河北第1次印刷

定价: 54.00元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147号

信息产业是当今世界最有活力和竞争力的产业之一，它直接影响着人们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。当代电信业务的迅猛发展和激烈竞争，使得电信运营部门必须对电信网络进行优化以提高运营效率，并不断应用新技术和开发各种新业务。因此，连接公共电信网和用户之间的各种接入网应运而生，它代替了传统的用户端分布网络，以满足人们对语音、数据及交互式视频同时传送的业务需要。为使通信工程专业的学生全面掌握接入网技术，提高解决实际问题的能力，特编写了本书。

本书是在原《接入网技术（第3版）》教材多年教学应用的基础上，根据部分学校使用本书的信息反馈，通过修改和完善教材部分章节内容，删除相对过时的技术，适当增加工程应用方面的新内容，并结合作者多年教学的心得和体会编写而成。考虑接入网技术知识的完整性和教材篇幅，本次具体的修订思路如下：修改完善各相关章节内容，删除第2章铜线接入技术中 HDSL 和 HDSL2 的内容，增加第9章宽带光纤接入工程设计的内容。

本书共分9章，第1章介绍接入网概述，第2~6章分别介绍铜线接入技术、电缆调制解调器接入技术、以太网接入技术、光纤接入技术和无线接入技术，第7~8章介绍接入网接口技术和接入网网管技术，第9章介绍宽带光纤接入工程设计，以满足学生对接入网技术在工程应用方面的知识需要。

接入网（AN）是由业务节点接口（SNI）和相关用户—网络接口（UNI）之间的一系列传送实体（诸如线路设施和传输设施）所组成的；是为传送电信业务提供所需传送承载能力的实施系统。第1章就从接入网的定义、定界等基本概念入手，介绍接入网的功能结构及拓扑结构、接入网的分类和接入网的综合接入业务。

由于我国现有的接入网用户线路大部分由双绞铜线组成，如果把现有的全部铜缆更换为光纤（缆），投资会很大，实际上也没有这样的必要。因此，首先充分利用现有的铜缆用户网，发挥铜线容量的潜力，然后逐步过渡到光纤接入网，这是改造和建设我国用户接入网的方针。数字用户线（DSL）技术，是在 PSTN 引入线（铜线）上采用不同调制方式实现信息全双工传输的技术，是最现实经济的宽带接入技术。第2章重点介绍了不对称数字用户线接入技术（ADSL）和甚高速数字用户线接入技术（VDSL）。

电缆调制解调器（Cable Modem）技术是在有线电视公司推出的混合光纤同轴电缆（HFC）网上发展起来的。只要在有线电视（CATV）网络内添置电缆调制解调器后，就建

立了强大的数据接入网,不仅可以提供高速数据业务,还能支持电话业务。第3章将从 Cable Modem 技术特点入手,介绍 Cable Modem 的工作原理、体系结构和应用。

以太网接入是指将以太网技术与综合布线相结合,作为公用电信网的接入网,直接向用户提供基于 IP 的多种业务的传送通道。吉比特以太网和万兆以太网标准是两个比较重要的标准,以太网技术通过这两个标准,从桌面的局域网技术延伸到校园网以及城域网的汇聚和骨干。第4章将从以太网技术在宽带接入领域的应用入手,介绍以太网接入的主要技术问题,重点介绍吉比特以太网和万兆以太网技术及其应用。

从接入网建设的发展趋势来看,光纤接入是最理想的接入技术,是实现数字化、宽带化、智能化和综合化的基础。第5章重点介绍光纤接入中的 PON、APON、EPON、GPON 和 AON 等关键技术。

无线接入技术是正在迅速发展的新技术领域,它在本地网中的重要性日益增长。作为一种先进手段,无线接入实施接入网的部分或全部功能,已成为有线接入的有效支持、补充与延伸。与有线接入方式相比,无线接入具有独特的优势。第6章首先介绍关于无线信道传播特性的知识,然后讲述无线接入系统所涉及的各项基本技术、3.5GHz 固定无线接入技术、无线 ATM 接入技术和宽带码分多址接入技术,最后介绍无线接入领域涌现出的新技术。

V5 接口是一种标准化的、完全开放的接口,是专为接入网发展而提出的本地交换局 (LE) 和接入网 (AN) 之间的接口。因此,了解 V5 接口是十分必要的。第7章首先介绍了 V5 接口的构成、体系结构、硬件设计实现和 V5 接口软件设计等内容,然后简要介绍了宽带业务节点中的 VB5 接口技术。

电信管理网 (TMN) 是国际电信联盟电信标准化部 (ITU-T) 提出的网络管理系统化的概念,是用于电信网和电信业务管理的有组织的体系结构。而接入网作为通信业务网,是整个电信网的一部分,接入网的管理在 TMN 的管理范围之内。第8章首先介绍了 TMN 的基本概念,然后介绍接入网网管的概念和接入网网管的管理功能,最后简要介绍了接入网网管的应用。

为满足学生对接入网技术在工程应用方面的知识需求,第9章从系统设计、网管系统、设备配置、光分配网络设计、传输性能指标设计、设备安装和线缆布放等方面重点介绍了宽带光纤接入工程设计及规范要求。

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。

本书由张中荃主编,参加编写的还有郝玉顺、王凯、崔玉萍、郭超平、田八林、杨瑾、王程锦等,全书由张中荃教授统稿和修改。在本书的编写过程中,得到了尹树华、镇桂勤等同志的大力帮助,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中不当之处难以避免,敬请读者批评指正。

编者

2017年7月

目 录

第 1 章 接入网概述	1	3.2.2 工作原理	62
1.1 接入网的基本概念	1	3.3 Cable Modem 的体系结构	65
1.1.1 接入网的定义与定界	1	3.3.1 基于 IEEE 802 的 Cable Modem	65
1.1.2 接入网的功能结构	2	3.3.2 基于 DOCSIS 的 Cable Modem	74
1.1.3 接入网的拓扑结构	5	3.4 Cable Modem 的应用	78
1.2 接入网的分类	7	3.4.1 系统的基本构成	78
1.2.1 铜线接入网	7	3.4.2 信号的下行及上行通路	80
1.2.2 光纤接入网	8	3.4.3 用户接入方式	81
1.2.3 混合接入网	9	复习思考题	82
1.2.4 无线接入网	12	第 4 章 以太网接入技术	83
1.3 接入网提供的综合接入业务	15	4.1 以太网技术在宽带接入领域的应用	83
复习思考题	20	4.1.1 以太网技术的发展	83
第 2 章 铜线接入技术	21	4.1.2 基于以太网技术的宽带接入网	84
2.1 不对称数字用户线接入技术	21	4.1.3 以太网接入的主要技术问题	87
2.1.1 ADSL 的技术特点	21	4.2 吉比特以太网接入技术	89
2.1.2 ADSL 的系统结构	23	4.2.1 吉比特以太网的技术特点	90
2.1.3 ADSL 的关键技术	25	4.2.2 吉比特以太网的构建	90
2.1.4 ADSL 的分布模型及其应用	38	4.3 万兆以太网接入技术	95
2.2 甚高速数字用户线接入技术	42	4.3.1 国内万兆以太网的发展	95
2.2.1 VDSL 系统构成	42	4.3.2 万兆以太网技术分析	96
2.2.2 VDSL 的相关技术	44	4.3.3 万兆以太网的应用	98
2.2.3 VDSL 存在的问题	46	复习思考题	99
2.2.4 VDSL 的应用	49	第 5 章 光纤接入技术	100
复习思考题	51	5.1 无源光网络接入技术	100
第 3 章 电缆调制解调器接入技术	53	5.1.1 PON 拓扑结构	100
3.1 Cable Modem 的技术特点	53	5.1.2 PON 关键技术	101
3.1.1 Cable Modem 与 ADSL Modem 的比较	53	5.1.3 PON 功能结构	107
3.1.2 HFC 网络对 Cable Modem 的要求	56	5.1.4 PON 技术应用	109
3.1.3 影响 Cable Modem 运作的因素	58	5.2 ATM 无源光网络接入技术	113
3.2 Cable Modem 系统工作原理	58	5.2.1 APON 模型及特点	113
3.2.1 系统结构	58		

5.2.2 APON 系统结构及工作过程	114	6.4.2 无线 ATM 网络技术基础	197
5.2.3 APON 帧结构及关键技术	116	6.4.3 无线 ATM 协议	199
5.2.4 APONet 接入传输系统	119	6.4.4 移动管理	203
5.3 以太网无源光网络接入技术	125	6.5 宽带码分多址接入	206
5.3.1 EPON 技术特点及网络结构	125	6.5.1 WCDMA 网络体系结构	206
5.3.2 EPON 传输原理及帧结构	127	6.5.2 WCDMA 物理信道与帧结构	213
5.3.3 EPON 光路波长分配	129	6.5.3 WCDMA 无线接口协议	217
5.3.4 EPON 关键技术	130	6.6 其他无线接入技术	220
5.3.5 EPON 典型应用	132	6.6.1 Wi-Fi 接入技术	220
5.4 吉比特无源光网络接入技术	133	6.6.2 WiMAX 接入技术	221
5.4.1 GPON 概述	133	6.6.3 Ad hoc 接入技术	223
5.4.2 GPON 功能参考模型	134	6.6.4 无线 Mesh 网络接入技术	225
5.4.3 GPON 关键技术	137	6.6.5 ZigBee 技术	227
5.4.4 GPON 的应用与发展	146	复习思考题	229
5.5 有源光网络接入技术	147	第 7 章 接入网接口技术	230
5.5.1 AON 简化技术	147	7.1 V5 接口的构成	230
5.5.2 AON 采用的主要技术	149	7.1.1 V5 接口的接入模型和支持业务	230
5.5.3 BAU 宽带接入单元	161	7.1.2 V5 链路及时隙结构	232
复习思考题	165	7.2 V5 接口的体系结构	235
第 6 章 无线接入技术	167	7.2.1 V5 接口的分层模型	235
6.1 无线接入信道的电波传播	167	7.2.2 V5 接口的物理层	235
6.1.1 反射、衍射和散射	167	7.2.3 V5 接口的数据链路层	235
6.1.2 衰落与多径传播	168	7.2.4 V5 接口的网络层	237
6.1.3 路径损耗模型	171	7.3 V5 接口的设计	237
6.2 无线接入的基本技术	174	7.3.1 V5 接口的硬件设计	237
6.2.1 信源编码与信道编码技术	174	7.3.2 V5 接口的软件设计	241
6.2.2 多址接入技术	179	7.4 VB5 接口简介	247
6.2.3 数字调制与扩频技术	181	7.4.1 VB5 接口的基本特性	247
6.2.4 抗衰落技术	186	7.4.2 VB5 接口的协议配置	251
6.2.5 网络安全技术	187	7.4.3 VB5 接口的连接类型	253
6.2.6 无线空中接口	188	7.4.4 VB5 接口的协议	256
6.3 3.5GHz 固定无线接入	190	复习思考题	257
6.3.1 系统参考模型	190	第 8 章 接入网网管技术	258
6.3.2 功能要求	191	8.1 网络管理的概念	258
6.3.3 技术要求	192	8.1.1 TMN 的基本概念	258
6.3.4 其他要求	194	8.1.2 接入网网管的基本概念	269
6.4 无线 ATM 接入	195	8.2 接入网网管的管理功能	271
6.4.1 无线 ATM 简介	195		

8.2.1 PCF-OSF 支持的管理功能	271	9.4 光分配网络设计	298
8.2.2 TF-OSF 支持的管理功能	276	9.4.1 ODN 网络组成	298
8.2.3 调度管理功能	278	9.4.2 ODN 组网原则	299
8.3 应用举例	279	9.4.3 光分路器选用	300
复习思考题	281	9.4.4 光分路器安装位置	301
第 9 章 宽带光纤接入工程设计	283	9.4.5 光纤光缆选用配置	301
9.1 系统设计	283	9.4.6 ODF 及其他辅助器材配置	303
9.1.1 系统架构	283	9.4.7 光缆线路设计	303
9.1.2 系统组网原则	285	9.4.8 辅助设施安装要求	305
9.1.3 容量、上联带宽和传输距离的 测算	286	9.5 传输性能指标设计	306
9.1.4 网元设置	292	9.5.1 系统性能指标设计	306
9.1.5 其他	293	9.5.2 光纤链路传输指标设计	307
9.2 网管系统	294	9.6 设备安装与线缆布放设计	308
9.2.1 网管功能要求	294	9.6.1 设备安装位置选择	308
9.2.2 网管系统设计	295	9.6.2 机房平面布置与设备排列	308
9.3 设备配置	295	9.6.3 OLT 设备安装设计	309
9.3.1 设备配置的一般原则	295	9.6.4 ONU/ONT 设备安装设计	309
9.3.2 业务承载能力及方式	295	9.6.5 线缆布放与接地系统	310
9.3.3 设备功能及接口要求	296	复习思考题	311
9.3.4 设备的环境适应性要求	297	附录 英文缩写对照表	312
9.3.5 设备的供电与防雷接地	298	参考文献	324

第 1 章 接入网概述

过去，电信网主要是以铜线双绞线方式连接用户和交换机，提供以电话为主的业务，用户接入部分的网络形式单一，界线不分明。近年来，由于用户业务规模和业务类型的剧增，需要有一个综合语音、数据及交互式视频的接入网络代替现有的铜线网络，接入网概念由此而产生。为适应接入网发展的需要，国内外对接入网技术的研究和应用大大加快。接入网已成为通信网发展的一个重点，其规模之大、影响面之广是前所未有的。本章首先介绍接入网的定义、定界等基本概念，然后介绍接入网的分类和接入网的综合接入业务。

1.1 接入网的基本概念

1.1.1 接入网的定义与定界

虽然接入网早已存在，但接入网一词的出现时间并不算久，人们对它的理解更是各不相同。国际电信联盟电信标准化部（International Telecommunications Union-Telecommunications standardization section, ITU-T）关于接入网的框架建议（G.902）和我国的接入网体制规定，描述了接入网功能结构、接入类型、业务节点及网络管理接口等相关内容，接入网有了一个较为公认的定义。

1. 接入网的定义

从整个电信网的角度，可以将全网划分为公用电信网和用户驻地网（Customer Premises Network, CPN）两大块，其中 CPN 属用户所有，故通常电信网指公用电信网部分。公用电信网又可划分为 3 部分，即长途网（长途端局以上部分）、中继网（即长途端局与市话局之间以及市话局之间的部分）和接入网（即端局至用户之间的部分）。目前国际上倾向于将长途网和中继网合在一起称为核心网（Core Network, CN）或转接网（Transit Network, TN），相对于核心网的其他部分则统称为接入网（Access Network, AN）。接入网主要完成将用户接入到核心网的任务。可见，接入网是相对核心网而言的，接入网是公用电信网中最大和最重要的组成部分。图 1-1 所示的是电信网的基本组成，从图中可清楚地看出接入网在整个电信网中的位置。

按照 ITU-T G.902 的定义，接入网（AN）是由业务节点接口（Service Node Interface, SNI）和相关用户网络接口（User Network Interface, UNI）之间的一系列传送实体（诸如线路设施和传输设施）组成的，它是一个为传送电信业务提供所需传送承载能力的实施系统。接入网可以经由 Q₃ 接口进行配置和管理。

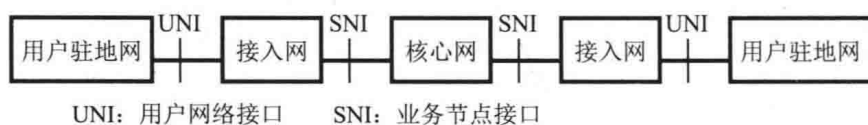


图 1-1 电信网的基本组成

2. 接入网的定义

在电信网中，接入网的定义如图 1-2 所示。接入网所覆盖的范围可由 3 个接口来定界，即网络侧经由 SNI 与业务节点（Service Node, SN）相连，用户侧经由 UNI 与用户相连，管理方面则经 Q_3 接口与电信管理网（Telecommunications Management Network, TMN）相连。

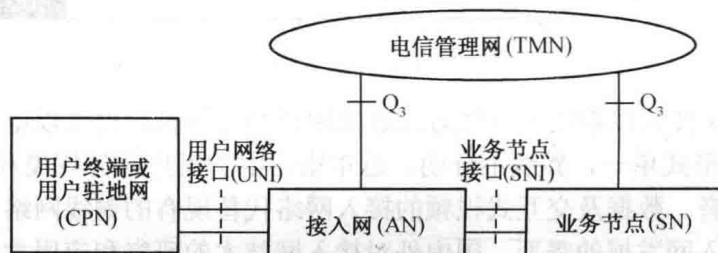


图 1-2 接入网的定义

业务节点（SN）是提供业务的实体，可提供规定业务的业务节点有本地交换机、租用线业务节点或特定配置的点播电视和广播电视业务节点等。

业务节点接口（SNI）是接入网（AN）和业务节点（SN）之间的接口。如果 AN-SNI 侧和 SN-SNI 侧不在同一地方，可以通过透明传送通道实现远端连接。通常，接入网（AN）需要支持大量的 SN 接入类型，SN 主要有下面 3 种情况：仅支持一种专用接入类型；可支持多种接入类型，但所有接入类型支持相同的接入承载能力；可支持多种接入类型，且每种接入类型支持不同的承载能力。按照特定 SN 类型所需要的能力，以及根据所选接入类型、接入承载能力和业务要求，可以规定合适的 SNI。支持单一接入的标准化接口主要有提供综合业务数字网（Integrated Service Digital Network, ISDN）基本速率（2B+D）的 V1 接口和一次群速率（30B+D）的 V3 接口。支持综合接入的接口目前有 V5 接口，包括 V5.1 和 V5.2 接口。

用户网络接口（UNI）是用户和网络之间的接口。在单个 UNI 的情况下，ITU-T 所规定的 UNI（包括各种类型的公用电话网和 ISDN 的 UNI）应该用于 AN 中，以便支持目前所提供的接入类型和业务。

接入网与用户间的 UNI 能够支持目前网络所能提供的各种接入类型和业务，但接入网的发展不应限制在现有的业务和接入类型。通常，接入网对用户信令是透明的，不做处理，可以看成是一个与业务和应用无关的传送网。通俗地看，接入网可以认为是网路侧 V（或 Z）参考点与用户侧 T（或 Z）参考点之间的机线设施的总和，其主要功能是复用、交叉连接和传输，一般不含交换功能（或含有限交换功能），而且应独立于交换机。

接入网的管理应纳入电信管理网（TMN）范畴，以便统一协调管理不同的网元。接入网的管理不但要完成接入网各功能块的管理，而且要完成用户线的测试和故障定位。

1.1.2 接入网的功能结构

1. 通用协议参考模型

接入网的功能结构是以 ITU-T 建议 G.803 的分层模型为基础的，利用该分层模型可以对

AN 内同等层实体间的交互做明确的规定。G.803 的分层模型将网络划分为电路层 (Circuit Layer, CL)、传输通道 (Transmission Path, TP) 层和传输介质 (Transmission Media, TM) 层, 其中 TM 又可以进一步划分为段层和物理介质层。

最新建议规定传送网只包含 TP 和 TM 层, 电路层将不包含在传送网范畴内, 而 AN 目前仍将电路层包含在内。

电路层是面向公用交换业务的, 按照提供业务的不同可以区分不同的电路层。电路层的设备包括用于各种交换业务的交换机和用于租用线业务的交叉连接设备。传输通道层为电路层节点 (如交换机) 提供透明的通道 (即电路群), 通道的建立由交叉连接设备负责。传输介质层与传输介质 (光缆或无线) 有关, 主要面向跨越线路系统的点到点传送。三层之间相互独立, 相邻层之间符合客户/服务者关系。

对于接入网而言, 电路层上面还应有接入网特有的接入承载处理功能。再考虑层管理和系统管理功能后, 整个接入网的通用协议参考模型可以用图 1-3 来描述, 该图清楚地描述了各个层面及其相互关系。

根据接入网框架结构和体制要求, 接入网的重要特征可归纳为如下几点。

(1) 接入网对于所接入的业务提供承载能力, 实现业务的透明传送。

(2) 接入网对用户信令是透明的, 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) 接入网的引入不应限制现有的各种接入类型和业务, 接入网应通过有限个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 (简称网管系统), 该网管系统通过标准化接口连接电信管理网 (TMN)。TMN 实施对接入网的操作、维护和管理。

2. 主要功能

如图 1-4 所示, 接入网主要有 5 项功能, 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 (Transfer Function, TF) 和 AN 系统管理功能 (System Management Function, SMF)。

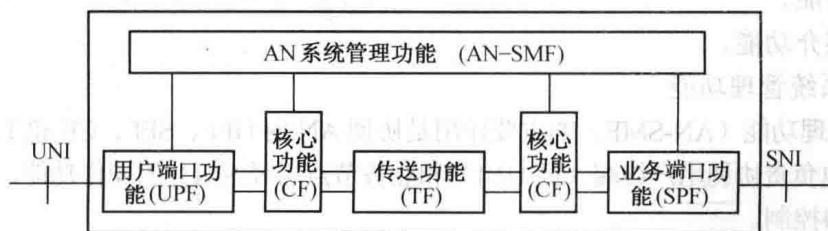


图 1-4 接入网功能结构

(1) 用户端口功能

用户端口功能 (UPF) 的主要作用是将特定的 UNI 要求与核心功能和管理功能相适配, 主要功能有如下几点。

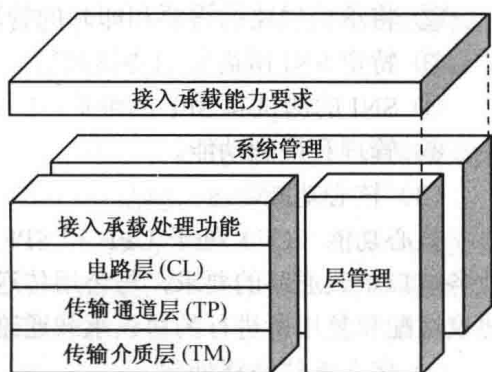


图 1-3 接入网的通用协议参考模型

- ① 终结 UNI 功能。
- ② A/D 转换和信令转换。
- ③ UNI 的激活/去激活。
- ④ 处理 UNI 承载通路/容量。
- ⑤ UNI 的测试和 UPF 的维护。
- ⑥ 管理和控制功能。

(2) 业务端口功能

业务端口功能 (SPF) 的主要作用是将特定 SNI 规定的要求与公用承载通路相适配, 以便于核心功能处理; 也负责选择有关的信息, 以便在 AN 系统管理功能中进行处理。业务端口主要功能如下。

- ① 终结 SNI 功能。
- ② 将承载通路的需要和即时的管理以及操作需要, 映射进核心功能。
- ③ 特定 SNI 所需要的协议映射。
- ④ SNI 的测试和 SPF 的维护。
- ⑤ 管理和控制功能。

(3) 核心功能

核心功能 (CF) 处于 UPF 和 SPF 之间, 其主要作用是负责将个别用户端口承载通路或业务端口承载通路的要求, 与公用传送承载通路相适配, 还包括为了通过 AN 传送所需要的协议适配和复用所进行的协议承载通路处理。核心功能可以在 AN 内分配, 其主要功能如下。

- ① 接入承载通路处理。
- ② 承载通路集中。
- ③ 信令和分组信息复用。
- ④ ATM 传送承载通路的电路模拟。
- ⑤ 管理和控制功能。

(4) 传送功能

传送功能 (TF) 为 AN 中不同地点之间公用承载通路的传送提供通道, 也为所用传输介质提供介质适配功能, 主要功能如下。

- ① 复用功能。
- ② 交叉连接功能 (包括疏导和配置)。
- ③ 管理功能。
- ④ 物理媒介功能。

(5) AN 系统管理功能

AN 系统管理功能 (AN-SMF) 的主要作用是协调 AN 内 UPF、SPF、CF 和 TF 的指配, 以及操作和维护; 也负责协调用户终端 (经 UNI) 和业务节点 (经 SNI) 的操作功能, 主要功能如下。

- ① 配置和控制。
- ② 指配协调。
- ③ 故障检测和指示。
- ④ 用户信息和性能数据收集。
- ⑤ 安全控制。
- ⑥ 协调 UPF 和 SN (经 SNI) 的即时管理和操作功能。

⑦ 资源管理。

AN-SMF 经 Q3 接口与 TMN 通信，以便接受监视和/或接受控制；同时为了实时控制的需要，也经 SNI 与 SN-SMF 进行通信。

1.1.3 接入网的拓扑结构

网络的拓扑结构是指组成网络的物理的或逻辑的布局形状和结构构成，可以进一步分为物理配置结构和逻辑配置结构。物理配置结构指实际网络节点和传输链路的布局或几何排列，反映了网络的物理形状和物理上的连接性。逻辑配置结构指各种信号通道，诸如光波长、信元位置、时隙和频率等在光纤中使用的方式，反映了网络的逻辑形状和逻辑上的连接性。在接入网环境，网络的拓扑结构直接与网络的效能、可靠性、经济性和提供的业务有关，具有至关重要的作用。

接入网环境下的基本网络拓扑结构有 5 种类型，即星型结构、双星型结构、总线结构、环型结构和树型结构。

1. 星型结构

当涉及通信的所有点中有一个特殊点（即枢纽点）与其他所有点直接相连，而其余点之间不能直接相连时，就构成了星型结构，又称单星型或大星型结构，如图 1-5 所示。

在接入网环境，各个用户都最终要与本地交换机相连，业务量最终都集中在本地交换机这个特殊点上，因而星型结构似乎是一种自然的选择。传统的电缆接入网就是这样配置的，在光缆接入网中星型结构仍然具有相当的应用价值。由于本地交换机成了各个用户业务量的集中点（即枢纽点），因而星型结构又称枢纽结构。

星型结构具有优质服务 and 成本高的特点，适合于传输成本相对交换成本较低的应用场合，例如，几十线以上的大企事业用户就是这种结构的最佳服务对象。灵活接入复用器就是一种适合这种应用场合的系统。

2. 双星型结构

在光纤接入网环境中，将传统电缆接入网的交接箱换成远端节点或远端机（Remote Node/Remote Terminal, RN/RT），将馈线电缆改用光缆后即成为双星型结构，有人称之为分布式星型结构。RN 可以为有源电子设备（即有源双星型结构）；也可以采用无源器件（例如星型耦合器）来完成选路、交接和测试功能，利用波分复用或时分复用方式来分离不同通路。不管是采用有源设备还是无源器件，两种方式在形式上类似，从端局到 RN 是星型配置，从 RN 到用户又是多个星型配置，如图 1-6 所示。

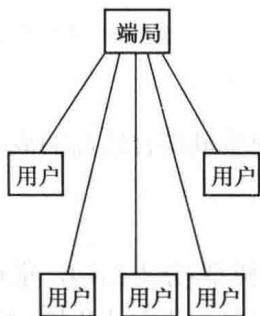


图 1-5 星型结构

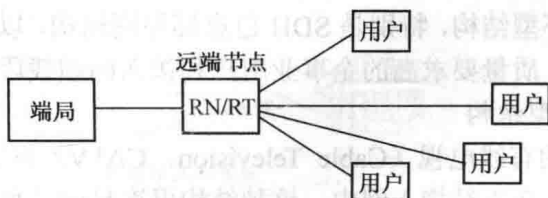


图 1-6 双星型结构

有源双星型结构继承了点到点星型结构的一些特点, 诸如与原有网络和管道的兼容性、保密性, 故障定位容易, 用户设备较简单等。为了克服星型结构成本高的缺点, 可以通过向新设的 RN/RT 分配一些复用功能 (有时还附加一些有限的交换功能), 以减少馈线段光纤的数量。由于馈线段长度最长, 由多个用户共享后使系统成本大大降低。因此, 双星型结构是一种经济的、演进的网络结构, 很适于传输距离较远、用户密度较高的企事业用户和住宅居民用户区。特别是远端节点采用同步数字系列 (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) 复用器的双星型结构不仅覆盖距离远, 而且容易升级至高带宽。利用 SDH 特点, 可以灵活地向用户单元分配所需的任意带宽。

3. 总线结构

当涉及通信的所有点串联起来并使首末两个点开放时就形成了链型结构; 当中间各个点可以有上下业务时又称为总线结构, 也称为链型或 T 型结构, 如图 1-7 所示。总线结构具有遍及全网的公共设施, 但 RN 多且信息保密性大大受损, 较适于分配式业务。在传统准同步数字系列 (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH) 网中, 由于中间点上下业务费用较高, 这种结构用得不多。当接入网引入 SDH 分插复用 (Add-Drop Multiplexer, ADM) 器后, 具有了十分经济灵活的上下低速业务的能力, 可以节省光纤并简化设备。因而, 总线结构又开始受到重视和应用。

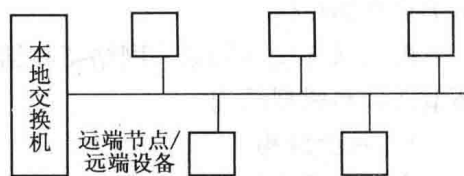


图 1-7 总线结构

在总线结构中, 中间一系列 ADM 作为 RN 串接在一起, 每一个 RN 可以有上下各种速率的信号。ADM 所能上下的最低速率信号是 2Mbit/s, 因而, 还需要再通过业务复用分路器才能分出多数用户所需的 64kbit/s 和 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号。改进的 ADM 可直接提供上下 $N \times 64\text{kbit/s}$ 信号给用户, 十分方便。这种结构与星型结构恰好相反, 全部传输设施可以为用户共享, 从端局发出的信号可以为所有用户所接收, 每个用户根据预先分配的时隙挑出属于自己的信号。因而, 只要总线带宽足够高, 不仅传送低速的双向通信业务没有问题, 就是传送高速的分配型业务也没问题。

4. 环型结构

当涉及通信的所有点串联起来, 而且首尾相连, 没有任何点开放时就形成了环型结构, 如图 1-8 所示。该结构与 T 型结构很类似, 但没有开放点, 因而有其宝贵的特点。

与 T 型结构类似, 环型结构只是采用了 ADM 作为 RN 时, 才开始受到重视。利用 ADM 可以构成各种可靠性很高的自愈环型网结构, 其中, 单向通道倒换环是最适用于像接入网这样业务量集中于端局的一种环型结构。

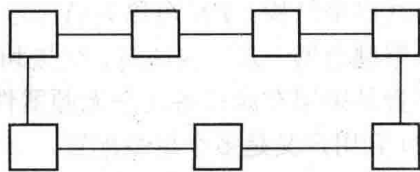


图 1-8 环型结构

这种环型结构, 特别是 SDH 自愈环型网结构, 以其出色的质量结合较高的成本适合于带宽需求大、质量要求高的企事业用户和接入网馈线段应用。

5. 树型结构

传统的有线电视 (Cable Television, CATV) 网往往采用树型-分支结构, 很适于单向广播式业务。在光纤接入网中, 这种结构再次显示了很强的生命力。如图 1-9 所示的这种结构的两种典型形式, 即无源光网络 (Passive Optical Network, PON) 形式 (如图 1-9 (a) 所示) 和数字环路载波 (Digital Loop Carrier, DLC) 形式 (如图 1-9 (b) 所示), 仅有的差别是

光分路器和复用器。无源光网络就是不允许在外部设施中出现有源电子设备，而是采用无源器件（例如无源光功率分路器）来代替传统电缆接入网的交接箱和/或分线盒，完成光信号的分路功能。所谓的无源双星型、无源三星型或树型—分支结构均可由这一类 PON 结构支持。

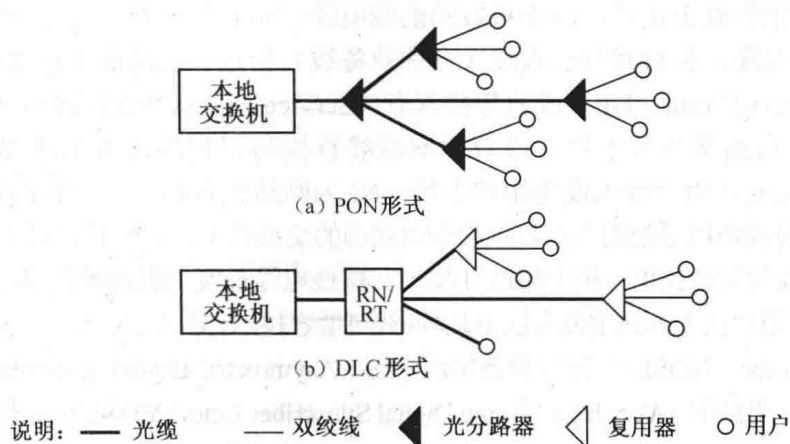


图 1-9 树型—分支结构

以 PON 为基础的树型—分支结构，十分适合那些目前仅有 4 线以上电话业务需求，而且是对双向宽带业务需求不迫切或不明朗的小企事业用户和住宅居民用户，特别是新建用户区。

1.2 接入网的分类

接入网通常是按其所用传输介质的不同来进行分类的。一般情况，接入网可分为有线接入网和无线接入网两大类。有线接入网又分为铜线接入网和光纤接入网两种；无线接入网分为固定无线接入网和移动无线接入网两种，包括蜂窝通信、地面微波通信和卫星通信等不同形式。在实际接入网中，有时会用到多种传输介质，如既用到铜线，又用到光纤，甚至还同时用到无线介质，这样就形成了混合接入网。

1.2.1 铜线接入网

图 1-10 所示的是一个典型的铜线接入网系统——市内铜缆用户环。图中，端局与交接箱之间可以有远程交换单元（Remote Switching Unit, RSU）或远端机（Remote Terminal, RT）。

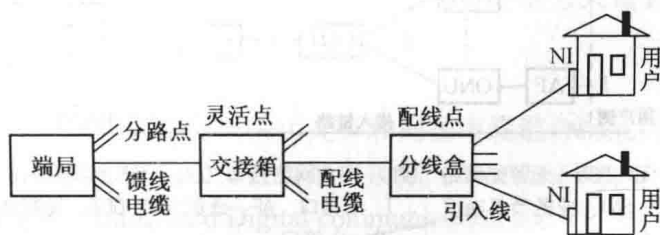


图 1-10 典型的铜线接入网系统

端局本地交换机的主配线架（Main Distribution Frame, MDF）经大线径、大对数的馈线电缆（数百至数千对）连至分路点转向不同方向。由分路点再经副馈线电缆连至交接箱，其

作用是完成馈线或副馈线电缆中,双绞线与配线电缆中,双绞线之间的交叉连接。在北美,完成类似作用的装置称为馈线分配接口(Feeder Distribution Interface, FDI),从功能上可称为灵活点(Flexible Point, FP),也有人称为接入点(Access Point, AP)。至于馈线和副馈线则常常不做区别,通称为馈线或馈线段。

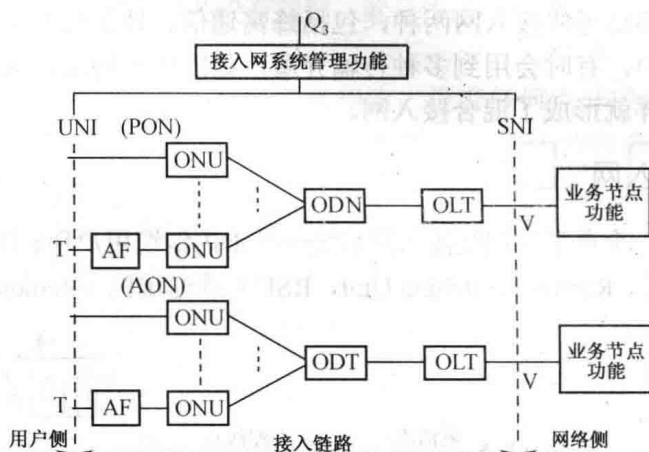
由交接箱开始经较小线径、较小对数的配线电缆(每组几十对)连至分线盒。分线盒的作用是终结配线电缆,并将其与引入线(又称业务线)相连。从功能上可以将分线盒处称为配线点(Distributing Point, DP)或业务接入点(Service Access Point, SAP)。

由分线盒开始通常是若干单对或双对双绞线直接与用户终端处的网路接口(Network Interface, NI)相连,用户引入线为用户专用,NI为网络设备和用户设备的分界点。

铜线用户环路的作用是把用户话机连接到电话局的交换机上。据统计,对于市内用户环路,其主干电缆长度通常为数公里(极少超过10km),配线电缆长度一般为数百米,用户引入线一般只有数十米。铜线用户接入方式主要有以下几种:线对扩容技术、高比特率数字用户线(High-bit-rate Digital Subscriber Line, HDSL)、不对称数字用户线(Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL)和甚高比特率数字用户线(Very high-bit-rate Digital Subscriber Line, VDSL)技术。

1.2.2 光纤接入网

光纤接入网(或称光接入网)(Optical Access Network, OAN)是以光纤为传输介质,并利用光波作为光载波传送信号的接入网,泛指本地交换机或远程交换单元与用户之间采用光纤通信或部分采用光纤通信的系统。光纤接入网系统的基本配置如图1-11所示。光纤最重要的特点是:可以传输很高速率的数字信号,容量很大;可以采用波分复用(Wave-Division Multiplexing, WDM)、频分复用(Frequency-Division Multiplexing, FDM)、时分复用(Time-Division Multiplexing, TDM)、空分复用(Space-Division Multiplexing, SDM)和副载波复用(SubCarrier Multiplexing, SCM)等各种光的复用技术,来进一步提高光纤的利用率。



ONU: 光网络单元 PON: 无源光网络 UNI: 用户网络接口 ODN: 光配线网络 OLT: 光线路终端
AON: 有源光网络 SNI: 业务节点接口 T: T接口 AF: 适配功能 ODT: 光配线终端 V: V接口
Q₃: Q₃接口

图 1-11 光纤接入网系统的基本配置

从图1-11中可以看出,从给定网络接口(V接口)到单个用户接口(T接口)之间的传输手段的总和称为接入链路。利用这一概念,可以方便地进行功能和规程的描述以及规定网

络需求。通常，接入链路的用户侧和网络侧是不一样的，因而是非对称的。光接入传输系统可以看做是一种使用光纤的具体实现手段，用以支持接入链路。于是，光接入网可以定义为：共享同样网络侧接口且由光接入传输系统支持的一系列接入链路，由光线路终端（Optical Line Terminal, OLT）、光分配网/光分配终端（Optical Distribution Network/ Optical Distribution Terminal, ODN/ODT）、光网络单元（Optical Network Unit, ONU）及相关适配功能（Adaptation Function, AF）设备组成，还可能包含若干个与同一 OLT 相连的 ODN。

OLT 的作用是为光接入网提供网络侧与本地交换机之间的接口，并经一个或多个 ODN 与用户侧的 ONU 通信。OLT 与 ONU 的关系为主从通信关系，OLT 可以分离交换和非交换业务，管理来自 ONU 的信令和监控信息，为 ONU 和本身提供维护和指配功能。OLT 可以直接设置在本地交换机接口处，也可以设置在远端，与远端集中器或复用器接口。OLT 在物理上可以是独立设备，也可以与其他功能集成在一个设备内。

ODN 为 OLT 与 ONU 之间提供光传输手段，其主要功能是完成光信号功率的分配任务。ODN 是由无源光元件（诸如光纤光缆、光连接器和光分路器等）组成的纯无源的光分配网，呈树型一分支结构。ODT 的作用与 ODN 相同，主要区别在于：ODT 是由光有源设备组成的。

ONU 的作用是为光接入网提供直接的或远端的用户侧接口，处于 ODN 的用户侧。ONU 的主要功能是终结来自 ODN 的光纤，处理光信号，并为多个小企业用户和居民用户提供业务接口。ONU 的网络侧是光接口，而用户侧是电接口。因此，ONU 需要有光/电和电/光转换功能，还要完成对语音信号的数/模和模/数转换、复用信令处理和和维护管理功能。ONU 的位置有很大灵活性，既可以设置在用户住宅处，也可设置在 DP（配线点）处，甚至 FP（灵活点）处。

AF 为 ONU 和用户设备提供适配功能，具体物理实现则既可以包含在 ONU 内，也可以完全独立。以光纤到路边（Fiber To The Curb, FTTC）为例，ONU 与基本速率 NT1（Network Termination 1，相当于 AF）在物理上就是分开的。当 ONU 与 AF 独立时，则 AF 还要提供在最后一段引入线上的业务传送功能。

随着信息传输向全数字化过渡，光接入方式必然成为宽带接入网的最终解决方法。目前，用户网光纤化主要有两个途径：一是基于现有电话铜缆用户网，引入光纤和光接入传输系统改造成光接入网；二是基于有线电视（CATV）同轴电缆网，引入光纤和光传输系统改造成混合光纤同轴电缆（Hybrid FiberCoaxial, HFC）网。光纤接入网中采用的接入方式主要有：光纤到家（Fiber To The Home, FTTH）、光纤到大楼（Fiber To The Building, FTTB）、光纤到路边（Fiber To The Curb, FTTC）、光纤到办公室（Fiber To The Office, FTTO）、光纤到小区（Fiber To The Zone, FTTZ）及光纤到节点（Fiber To The Node, FTTN）等。各种不同接入方式的主要区别在于 ONU 放置的位置不同，而其中最典型的方式是 FTTB、FTTC 和 FTTH。

1.2.3 混合接入网

混合接入网是指接入网的传输介质采用光纤和同轴电缆混合组成的。主要有 3 种方式，即混合光纤同轴电缆（HFC）方式、交换型数字视频（Switched Digital Video, SDV）方式，以及综合数字通信和视频（Integrated Digital communication and Video, IDV）方式。

1. 混合光纤同轴电缆方式

(1) HFC 系统的组成与原理

混合光纤同轴电缆（HFC）方式是有线电视（CATV）网和电话网结合的产物，是将光纤逐渐推向用户的一种较经济的方式。20 世纪 80 年代以来，开始在共用天线的基础上，建