

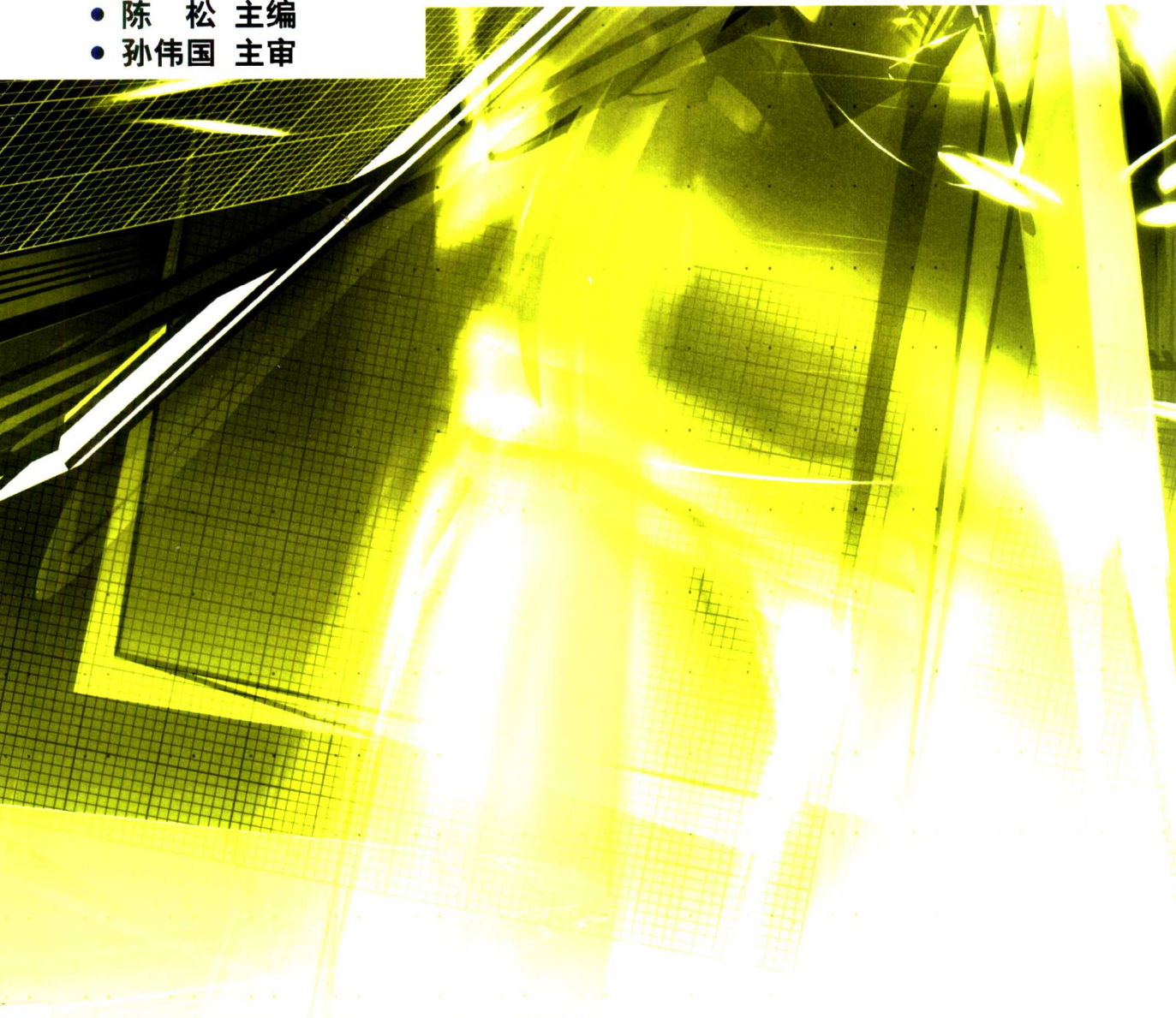
高等职业教育电子信息类贯通制教材

· 电子技术专业



# 接入网技术

- 陈松 主编
- 孙伟国 主审



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育电子信息类贯通制教材（电子技术专业）

# 接入网技术

陈 松 主编

孙伟国 主审

电子工业出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书介绍了与接入网相关的通信技术的系统构成及原理，并简单介绍了接入网可以承载的业务。

本书可作为高等职业技术学院和中等职业技术学校电子与信息类、通信技术、计算机与通信、计算机网络等专业的专业课教材，也可作为从事通信及网络技术的有关人员参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

接入网技术 / 陈松主编. —北京: 电子工业出版社, 2003.8

高等职业教育电子信息类贯通制教材·电子技术专业

ISBN 7-5053-8958-0

I. 接… II. 陈… III. 接入网—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 065497 号

责任编辑: 徐晓光

印 刷: 北京彩艺印刷有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 7.75 字数: 198.4 千字

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 10.00 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

# 前 言



本教材是根据 2002 年全国高职电子与信息类教材编委会宁波会议精神编写，供高等职业技术学院通信技术、电子与信息技术专业学生使用。

本教材共分绪论、双绞铜线接入网技术、光纤接入网技术、光纤与同轴电缆混合接入网技术、以太网接入网技术、无线接入网技术、接入网承载业务介绍和接入网技术实验等 8 章，其中前 6 章主要介绍各种接入网技术在系统中的构成及工作原理，第 7 章介绍接入网的承载业务，最后将常用接入网的实际操作以实验的形式编入本书。通过该书的学习力争让学生能够了解接入网技术的构成及工作原理，并通过实际操作对接入网技术有更全面的了解。

本教材由南京信息职业技术学院陈松担任主编，大连电子学校董廷山参加了 1、2、3 章的编写。大连电子学校孙伟国担任本教材的主审。

由于通信技术的飞速发展，大量的新技术和新知识不断涌现，编者水平有限，可能有些重要的内容和技术未能涉及，或存在一些错误和不足，希望能够得到批评指正。本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师与电子工业出版社联系，我们将免费提供。E-mail:ve@phei.com.cn

编者电子邮件地址：nj\_chen\_song@tom.com

编 者  
2003 年 4 月





# 目 录

<b>第 1 章 接入网技术绪论</b> .....	(1)
1.1 接入网综述 .....	(1)
1.1.1 接入网的产生 .....	(1)
1.1.2 接入网的基本概念 .....	(2)
1.1.3 接入网在网络中的位置和作用 .....	(3)
1.1.4 接入网的主要特点 .....	(5)
1.2 接入网的发展趋势 .....	(6)
1.2.1 为什么要发展接入网 .....	(6)
1.2.2 国际和国内发展动态 .....	(6)
1.2.3 接入网的技术走向 .....	(7)
1.3 接入网主要接口与业务支持 .....	(10)
1.3.1 接口类型 .....	(10)
1.3.2 支持的主要业务 .....	(10)
1.3.3 V5 接口的构成及功能 .....	(12)
1.3.4 接入网的分类 .....	(14)
习题 1 .....	(15)
<b>第 2 章 双绞铜线接入网技术</b> .....	(16)
2.1 电话线模拟接入网技术 .....	(16)
2.1.1 双绞铜线接入技术的引入 .....	(16)
2.1.2 双绞铜线传输系统 .....	(17)
2.1.3 数字线对增容技术 .....	(18)
2.2 电话线数字接入网技术——ISDN .....	(19)
2.2.1 ISDN 的基本概念及特点 .....	(19)
2.2.2 用户通过基本速率接口 (BRI) 适配器接入 Internet .....	(20)
2.2.3 用户通过基群速率接口 (PRI) 适配器接入 Internet .....	(21)
2.2.4 ISDN 在数据通信领域中的应用 .....	(23)
2.3 电话线混合接入网技术——xDSL .....	(25)
2.3.1 高比特率数字用户线系统 HDSL 和 SDSL .....	(25)
2.3.2 不对称数字用户线系统 ADSL 与甚高速数字用户线系统 VDSL .....	(28)
习题 2 .....	(32)



<b>第3章 光纤接入网技术</b> .....	(34)
3.1 光纤接入网的基本结构 .....	(34)
3.1.1 光纤接入网的基本概念 .....	(34)
3.1.2 OAN 的参考配置 .....	(35)
3.2 无源光网络的组网与应用类型 .....	(36)
3.2.1 无源光网络的组网形式 .....	(36)
3.2.2 无源光网络的应用类型 .....	(37)
3.3 光纤接入网基本性能 .....	(38)
3.3.1 OAN 系统规范 .....	(38)
3.3.2 OAN 的业务支持能力 .....	(39)
3.3.3 主要性能要求 .....	(40)
习题 3 .....	(42)
<b>第4章 光纤与同轴电缆混合接入网技术</b> .....	(43)
4.1 概述 .....	(43)
4.2 光纤与同轴电缆混合有线电视网 .....	(43)
4.2.1 传统有线电视网及信号特点 .....	(43)
4.2.2 光纤与同轴电缆混合有线电视网 .....	(45)
4.3 光纤与同轴电缆混合接入网络 .....	(46)
4.3.1 光纤与同轴电缆混合接入网络结构 .....	(46)
4.3.2 光纤与同轴电缆混合接入网络的频谱结构 .....	(47)
4.3.3 上行信道的调制与复用方式 .....	(48)
4.4 光纤与同轴电缆混合接入网络接入设备 .....	(49)
4.4.1 电缆调制解调器 .....	(49)
4.4.2 电视机上网的方法——机顶盒 .....	(57)
习题 4 .....	(59)
<b>第5章 以太网接入网技术</b> .....	(60)
5.1 概述 .....	(60)
5.2 以太网基础 .....	(60)
5.2.1 以太网的有关标准 .....	(61)
5.2.2 以太网的交换技术 .....	(62)
5.2.3 以太网的路由技术 .....	(63)
5.2.4 第三层交换技术 .....	(63)
5.2.5 虚拟网 (VLAN) 技术 .....	(63)
5.3 以太网接入网技术 .....	(64)
5.3.1 以太网接入网的网络结构 .....	(64)
5.3.2 以太网接入网地址管理技术 .....	(66)
习题 5 .....	(68)
<b>第6章 无线接入网技术</b> .....	(69)



6.1 概述 .....	(69)
6.2 无线接入基础 .....	(71)
6.2.1 无线接入网基本结构 .....	(71)
6.2.2 无线接入信道的频谱分配 .....	(72)
6.2.3 扩频通信技术 .....	(72)
6.3 固定无线接入技术 .....	(74)
6.3.1 LMDS 的概念 .....	(75)
6.3.2 LMDS 系统的组成 .....	(75)
6.3.3 LMDS 系统的主要技术 .....	(76)
6.3.4 由 LMDS 构成的无线综合业务网 .....	(77)
6.3.5 LMDS 系统的特点 .....	(77)
6.4 无线局域网接入技术 .....	(78)
6.4.1 无线局域网网络结构 .....	(78)
6.4.2 IEEE802.11 协议 .....	(80)
6.4.3 蓝牙技术 .....	(81)
习题 6 .....	(85)
<b>第 7 章 接入网承载业务介绍 .....</b>	<b>(86)</b>
7.1 因特网 .....	(86)
7.1.1 因特网上的资源 .....	(86)
7.1.2 因特网的应用 .....	(87)
7.2 IP 电话 .....	(90)
7.2.1 IP 电话的由来和组成 .....	(90)
7.2.2 IP 电话与传统电话的比较 .....	(91)
7.2.3 IP 电话的通话质量 .....	(92)
7.2.4 IP 电话的标准 .....	(92)
7.3 视频点播业务 (VOD) .....	(93)
<b>第 8 章 接入网技术实验 .....</b>	<b>(96)</b>
8.1 拨号接入网络实验 .....	(96)
8.1.1 实验目的 .....	(96)
8.1.2 实验原理 .....	(96)
8.1.3 实验设备和器材 .....	(97)
8.1.4 实验步骤 .....	(97)
8.2 ADSL 接入网络实验 (一) .....	(101)
8.2.1 实验目的 .....	(101)
8.2.2 实验原理 .....	(102)
8.2.3 实验设备和器材 .....	(102)
8.2.4 实验步骤 .....	(102)
8.3 ADSL 接入网络实验 (二) .....	(107)

8.3.1 实验目的 .....	(107)
8.3.2 实验原理 .....	(107)
8.3.3 实验设备和器材 .....	(108)
8.3.4 实验步骤 .....	(108)
8.4 光纤接入网络实验 .....	(110)
8.4.1 实验目的 .....	(110)
8.4.2 实验原理 .....	(110)
8.4.3 实验设备和器材 .....	(111)
8.4.4 实验步骤 .....	(111)
<b>参考文献及相关网站 .....</b>	<b>(115)</b>





# 第1章 接入网技术绪论

## 知识要点:

- ◆ 接入网综述
- ◆ 接入网的发展趋势
- ◆ 接入网主要接口与业务支持

## 1.1 接入网综述

世纪之交,信息产业正经历着前所未有的深刻变革,信息产业的主要支柱之一的电信行业,也发生着自电话机发明 100 多年以来最深刻、影响最大的变化。用户要求的推动,技术进步的拉动,市场机制的激励和政府政策的支持等诸方面因素的联合作用,促成并加速了这深刻的变化。

目前,通信技术已经历了从模拟到数字、从窄带到宽带、从单一的语言通信到多媒体通信的发展进程,而接入网作为面向用户的“最后 1 公里”,已成为研究与应用的热点。

### 1.1.1 接入网的产生

1876 年电话机发明以后,诞生了电话用户环路。几年后,纸绝缘的双绞线对开发成功并标准化。19 世纪 90 年代初又发明了局用主配线架,用以终结和连接大量的双绞线对,同时还发明了集中供电电源,这些发明标志了用户接入的基本形成。这种基本配置形式保持了几乎近一个世纪而没有什么重大改变。

传统的用户环路是从电话局的总配线架出发,采用一对双绞铜线连接一个用户终端,存在的主要缺陷是:

- (1) 基于实线回路中传输音频信号,用户环路的传输距离和带宽受到较大的制约,其中,带宽制约还不利于支持非话业务,更难以支持宽带业务。
- (2) 当现有用户数迅速增加,市话交换区域扩大时,用户环路费用上升,而且铜线市场方面也存在着经济价格因素。
- (3) 目前的双绞铜线用户网故障较多,维护成本较高。
- (4) 城市内的现有地下管道,因业务的增长而日益紧张,管道扩容的费用很大,而且涨幅很大。

在传统的电信网中,线路上主要传送的是语音信号,用户网传输技术简单,结构单一,不被人们重视。随着通信的不断进步,电信业务和用户接入技术都有了很大的发展。

20 世纪 80 年代初由原 CCITT (国际电报电话咨询委员会) 提出 V1~V4 数字接口建议



后, 电信接入网一直停滞在理论阶段。直到 20 世纪 80 年代后期 ITU-T (国际电信联盟-电信标准部门) 着手制订标准化 V5.x 数字接口规范, 并对接入网做出较为科学的界定, 接入网技术才真正进入电信业应用领域。20 世纪 90 年代, 随着人类社会对电信业务质量提出越来越高的要求, 接入网作为本地交换机与用户的连接部分, 是实现数字化、宽带化和业务综合化的关键, 因此自然成为当今电信业的关注焦点。

### 1.1.2 接入网的基本概念

#### 1. 接入网的定义

接入网 (AN: Access Network) 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 (例如线路设施和传输设施) 组成的。为传送电信业务提供所需传送承载能力的实施系统, 可经由  $Q_3$  等接口进行配置和管理。其中的传送实体可提供必要的传送承载能力, 对用户信令是透明的, 可不作解释。换句话说, 接入网就是介于网络侧 V 或 Z 参考点与用户侧 T 或 Z 参考点之间的网络, 它包含所有的机线设备。

接入网的物理参考模型如图 1.1 所示, 其中灵活点 (FP) 和配线点 (DP) 是非常重要的两个信号分路点, 大致对应传统双绞铜线用户线的交接箱和分线盒。在实际应用与配置时, 可以有各种不同程度的简化, 最简单的一种就是用户与端局直接相连, 这对于离端局不远的用户是最为简单的连接方式, 但在多数情况下是介于上述两种极端配置方式之间。

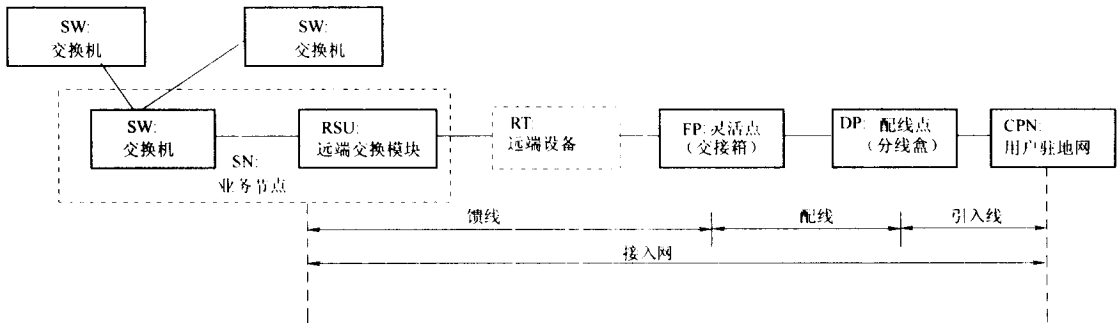


图 1.1 接入网物理参考模型

根据图 1.1 所示结构, 可以将接入网的概念进一步明确。所谓接入网一般是指端局本地交换机或远端交换模块至用户之间的部分, 其中端局至 FP 的线路称为馈线段, FP 至 DP 的线路称为配线段, DP 至用户的线路称为引入线, SW 为交换机。图中的远端交换模块 (RSU) 和远端设备 (RT) 可根据实际需要来决定是否设置, CPN 为用户驻地网。

#### 2. 接入网的界定

接入网由三个接口界定, 在用户侧经用户网络接口 (UNI) 与用户设备 (用户驻地网) 相连; 在网络侧经由业务节点接口 (SNI) 与业务节点 (SN) 相连; 经  $Q_3$  接口与电信管理网 (TMN) 相连。如图 1.2 所示为三个接口间机线设施的总和。接入网主要功能是复用、交叉连接和传输, 一般不含交换功能。接入网对用户信令是透明的, 不作处理, 可以看做是一个与业务和应用无关的传送网。业务节点 SN 是提供业务的实体, 是可以接入各种交换型或永久连接型电信业务的网元, 如本地交换机、ATM 边缘交换机、点播电视 (VOD) 业务节点、



声像业务节点等。

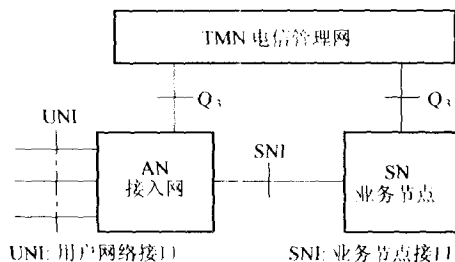


图 1.2 接入网的界定

接入网可以与多个 SN 连接，接入分别支持不同业务的单个 SN，也可以接入支持相同业务的多个 SN。UNI 与 SN 的联系是静态的，即非交换型的，是通过协调指配功能来完成的。可见接入网是一个很大的概念范畴，简单的是一条双绞用户线，复杂的可能是一个系统。

### 3. 接入网的分层

为便于网络设计与管理，接入网按垂直方向分解为三个独立的层次，其中每一层为其相邻的高阶层提供传送服务，同时又使用相邻的低阶层所提供的传送服务，这三层网络分别是电路层、传输通道层、传输媒质层。在网络分层后，每一层仍显复杂，因此可以进一步将每一层网络分为若干个子网，每一子网又可进一步分割成若干个更小的子网。

(1) 电路层。电路层 (CL) 网络涉及电路层接入点之间的信息传递并独立于传输通道层。电路层网络直接面向公用交换业务，并向用户直接提供通信业务。例如：电路交换业务、分组交换业务和租用线业务等。按照提供业务的不同又可以区分出不同的电路层网络。

(2) 传输通道层。传输通道层 (TP) 网络涉及通道层接入点之间的信息传递并支持一个或多个电路层网络，为其提供传送服务，通道的建立可由交叉连接设备负责。

(3) 传输媒质层。传输媒质层 (TM) 与传输媒质 (如光缆、微波等) 有关，它支持一个或多个通道层网络，为通道层网络节点 (如 DXC) 之间提供合适的通道容量。若作进一步划分，该层又可细分为段层和物理层。

以上三层之间相互独立，相邻层之间符合客户 / 服务者关系，这里所说的客户是指使用传送服务的层面，服务者是指提供传送服务的层面。例如：对于电路层与通道层来说，电路层为客户，通道层为服务者。

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层 (AF)，再加上层管理和系统管理功能后，就构成了如图 1.3 所示的接入网通用协议参考模型。

#### 1.1.3 接入网在网络中的位置和作用

##### 1. 用户网和电信网的组成

电信网可划分为公用电信网和用户驻地网 (CPN) 两大部分。用户驻地网归用户所有，形式多种多样，从最简单的一段接到普通电话机的导线，一个以用户小交换机为核心的内部电话网到规模庞大的校园网。传统的公共电话网是由成千上万条电话线路将端局的交换机与用户终端设备连接起来的，从而形成了庞大的用户网，图 1.4 给出了典型的用户结构。

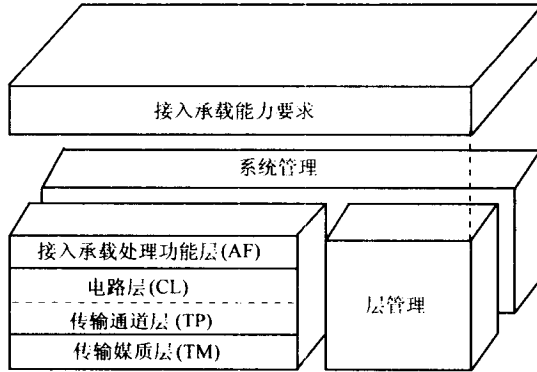


图 1.3 接入网的通用协议参考模型

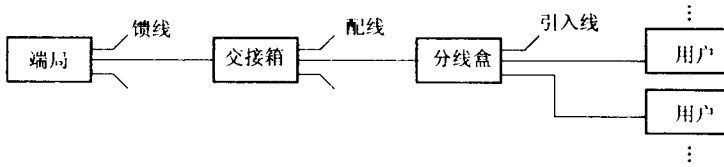


图 1.4 典型的用户结构

图中的端局至交接箱的线路称为馈线段，一般由主干光缆组成，长度为几千米，它担负着信息传输的主干通道的任务；从交接箱至用户之间组成分配网，它包括配线和引入线，并随光缆终端盒的位置变化，即配线段是采用配线电缆还是配线光缆等。

公用电信网又可划分为长途网、中继网（长途端局与市话局之间，以及市话局之间的部分）和接入网（端局到用户之间的部分）。长途网和中继网常合起来称为核心网。相对核心网，公网的其余部分可称为用户接入网，主要完成将用户接入到核心网的任务，如图 1.5 所示。由于两者在运行环境、业务量密度及技术手段方面差别很大，所以也有把核心网部分称为网络，而将用户接入网称为接入环路的。

国际电联对接入网有严格的定义（G.902 建议）：

接入网是由业务节点接口（SNI）和相关用户网络接口（UNI）之间的一系列传送实体（线路设备和传输设备）所组成的、为传送电信业务提供承载能力的实施系统，可经由 Q<sub>3</sub> 接口进行配置和管理。

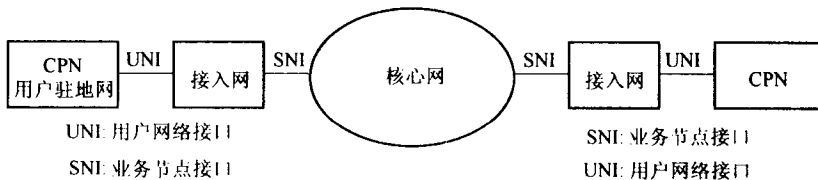


图 1.5 电信网的组成

## 2. 接入网在网络中的位置与作用

接入网是由传统的用户环路发展而来，是用户环路的升级，是电信网络的组成部分，负责将电信业务透明地传送到用户，即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。接入网处于电信网的末端，直接与用户连接，它包括本地交换机与用户端设备之间的所有实施设备与线路，它可以部分或全部替代传统的用户本地线路网，可含复用、交叉连接和传输功能，如图 1.6 所示。图中 PSTN 为公用电话交换网；ISDN 为综合业务数字网；B-ISDN 为宽带综合业务数字网；PSDN 为分组交换网；FRN 为帧中继网；L.L. 为本地交换设备；TE 为终端设备；ET 为交换设备；AN 为接入网；LE 为本地交换机。

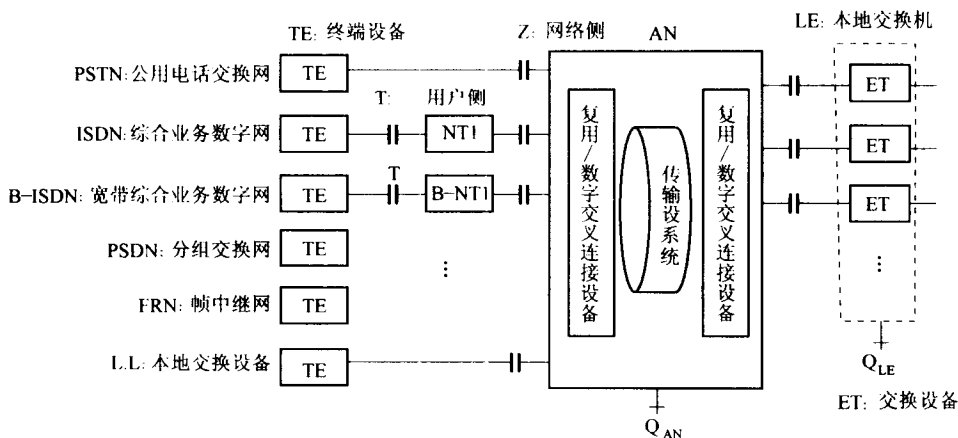


图 1.6 接入网的位置与功能

引入接入网的目的，就是通过有限种类的接口，利用多种传输媒介，灵活地支持各种不同的接入类型业务。

#### 1.1.4 接入网的主要特点

随着电信网络的数字化、综合化和宽带化，尤其是核心网上 ATM（异步转移模式）、SDH（同步数字分层体系）和 WDM（光纤波分复用）技术的广泛应用，带宽已不是珍稀资源，但传统的以双绞铜线接入电话业务的用户线的传输能力却成为用户享用核心网传输资源、使用宽带、高速电信业务的制约因素。为了实现向千家万户提供数字化、宽带化、多媒体化、综合化的电信业务，克服信息高速公路的“瓶颈”，必须改造原有的以铜双绞线为基础的接入网，利用最新的技术成果，满足用户对电信业务多种多样、千差万别的需求。

接入网介于市话中继网和用户之间，直接担负广大用户的信息传递与交换，它与长途干线网和市话网有明显的不同，具有以下主要特点：

(1) 完成复用、交叉连接和传输功能。接入网主要完成复用、交叉连接和传输功能，不具备交换功能，提供开放的 V5 标准接口，可实现与任何种类的交换设备进行连接。

(2) 提供各种综合业务。接入网业务需求种类多，除接入话音业务外，还可接入数据业务、视像业务以及租用业务等。

(3) 网径较小。接入网只是连接本地交换机和用户，因而它的传输距离短，在市区为几千米，在偏远地区为几千米到十几千米。长途网和市话网则不同，它们是信息传递的干线部分，覆盖范围广，特别是我国领土范围大，与接入网相比，传输距离长得多。

(4) 成本与用户有关。因为接入网需要覆盖所有类型的用户，各用户的传输距离不同，这就造成了成本上的差异。例如居住在市中心的用户可能只需要 1~2 km 的接入线，而偏远



地区的用户有可能需要十几千米的接入线，因而一个偏远地区用户的成本很可能比市区用户的成本高出 10 倍以上。长途网和市话网的情况相反，每个用户需要分担的网络设施的成本十分接近。同一交换区用户需要分担的网络设施成本是一样的，不同交换区之间的差别最多也只有 3~4 倍。

(5) 线路施工难度大。接入网的网路结构与用户所处的实际地形有关系，一般线路沿街道敷设，所以其网路复杂。敷设线路时，需要在街道上挖掘管道，地形多变，光缆铺设的要求又高，因此施工难度很大。

(6) 光纤化程度高。接入网可以将其远端设备 ONU（光网络单元）放置在更接近用户处，使得剩下的铜缆段距离缩短，有利于减少投资，也有利于宽带业务的引入。

(7) 对环境的适应能力强。接入网的远端室外型设备 ONU 可以适应于各种恶劣的环境，无需严格的机房，甚至可搁置在室外，有利于减少建设维护费用。

(8) 组网能力强。接入网可以根据实际情况提供环形、星形、链形、树形等灵活多样的组网方式，且环形具有自愈功能，也可带分支，有利于电信网络结构的优化。

## 1.2 接入网的发展趋势

### 1.2.1 为什么要发展接入网

接入网是当今通信网发展活跃的一个领域，各种接入技术不断出现。之所以要大力发展接入网的原因主要在于：

(1) 网路集中高效、优化和简化，是现代电信网发展的趋势。当前我国电信网路结构正在转变，接入网的引入，将给交换网、局间中继网的建设带来观念上的重大变革。大容量的交换局将代替众多的中小交换局所；大容量的光缆逐步取代多对数电缆；接入网的发展建设，装备水平的提高为电信网的优化创造了条件。

(2) 人们对通信服务的种类要求越来越多，而且质量要求越来越高。用户需求已开始由传统的多种数据业务（包括并行计算机数据、帧中继、EDI 电子数据互换、分组数据业务）、静止（图文）、半静止（Internet，Intranet）、活动视像（包括 CATV 电缆电视系统）等向全业务综合通信信息网方向发展。计算机局域网和 Internet 的普及向通信业务网的接入能力提出了强有力的挑战，特别是宽带通信业务和多媒体通信的发展使我国接入网的发展建设进入了一个新阶段。

(3) 随着我国经济体制改革的不断深化，以及受世界各国电信市场逐步开放的影响，电信将面临着来自国内外的剧烈竞争和挑战，这种竞争与挑战的主要焦点将直接反映在接入网的发展水平和技术速度上，反映在多媒体业务的综合接入上。

### 1.2.2 国际和国内发展动态

近几年，Internet 以惊人的速度迅猛发展。据统计，世界上 Internet 业务量每六个月翻一番。现在每天都有数以亿计的人与 Internet 发生关系。随着 Internet 服务内容的增多，用户对数据传送速率的需求也日益增加，对整个网络带宽形成巨大压力。特别是在接入部分，已成为 Internet 的“瓶颈”。为解决 Internet 业务的接入，国内外主要电信运营商都开始宽带接入网的建设。这些宽带接入网中，有的是试验网，有的是大规模的商用网。



美国的国土面积较大,人口密度低,用户较分散,用户接入网距离较长(平均3.5km左右);同时由于多年的建设,其电话网和有线电视网比较发达,而且已经铺设了大量的同轴电缆,新建线路少。因此虽然美国也在推行用户接入网的光纤化,但进行的速度却不快,铜线占有率仍为75%以上,宽带接入网的建设主要趋向于采用HFC(混合光纤同轴电缆),ADSL(不对称数字用户线)技术,这对于现存大量铜线基础设施的美国来说,不失为一种较好的过渡性措施。目前美国家庭市场是全球宽带产品规模最大且发展最快的地区,根据国际市场顾问公司IDC最近针对美国家庭已使用网络服务的调查显示,采用xDSL(包括HDSL高比特率数字用户线、ADSL、VDSL甚比特率数字用户线等),Cable,Wireless或是卫星等宽带网路设备连接Internet的家庭比例,呈现出逐年增加的趋势。预计宽带上网的家庭比例将由1994年的6%增加至2003年的30%。

日本的国土面积较小,人口密度大,大企业较多,城乡间距离较短(约2km),另外它的经济实力也较雄厚。因此提出了光纤到家的发展目标,致力于实现既能提供高速宽带业务又能提供电话等一般业务的全业务网,对于企业用户发展光纤到办公室,对于居民用户则发展光纤到家。2000年,全日本10%的地区已实现光纤到大楼,预计到2015年实现光纤到户。

英国1982年进行了全光用户环路实验,1985年即安装了15万户,1990年BT开始进行无源电话光网络的实验,1995年进行了2500户家庭的交互式电视业务试验,并在近几年内将光纤铺设至中小集团用户。

德国的电信部门大力推广西门子公司的无源光网络技术,1993年连接了20万用户,1995年连接了100万用户,同时向用户提供多媒体业务。

我国传统的用户接入网采用的是铜缆,20世纪80年代中后期具有Z接口的光纤环路载波系统(SLC)陆续进入我国,加上远端交换模块(RSU)的实用化,使光纤传输设备引入到接入网领域。但这些都不是真正意义上的接入网设备,到20世纪90年代中期,先进的V5接口接入系统问世,我国才进入接入网的正式发展阶段。

1996年我国开始进行接入网的现场试验,在国家V5接口规范发布的同时,中国电信组织近20家中外厂商提供了8类V5接口交换机和25种接入网产品,在全国开设了35个试验点。经过两年的试验,结果表明V5接口可实现不同厂家接入网设备与交换机的互通,接入网具有较强的业务支持能力,除支持PSTN(公用电话交换网),ISDN(综合业务数字网)业务外,还支持 $N \times 64\text{Kbps}$ 、64Kbps以下各类速率、Internet、X.25、CATV等业务,值得在公网推广。

我国广电部门从20世纪80年代起大力发展小区CATV(有线电视系统)网,目前干线传输正逐渐采用光纤,在发达地区积极试验HFC(混合光纤同轴电缆)系统和Cable Modem(电缆调制解调器)系统,并正以CATV网为基础进行地区联网和全国联网,试图将专用CATV网改造成具有宽带数据和语音接入的宽带接入网。

### 1.2.3 接入网的技术走向

#### 1. 支持窄带业务的宽带接入网

电信网经过近百年的飞速发展,目前已建成大规模的PSTN,ISDN,DDN(数字数据网),ATM(异步转换模式)和帧中继等网络。未来的网络无论怎么演变,现有电信网都是传统电信运营商的宝贵财富,这些网络将在相当长一段时间内继续发挥作用。电信运营商可以通过



综合接入系统将这些不同的业务网与用户连接，为用户提供各种业务。

所谓综合接入系统主要是起到业务收集和分流的作用，其最主要的综合功能是综合传送现有的窄带业务和逐渐演变的宽带业务，同时保证现有窄带业务的服务质量。无论宽带业务怎么飞速发展，用户对以话音通信为代表的窄带业务仍然有需求，现有的窄带业务网不可能在一夜之间消失。因此，建设支持现有窄带业务的宽带综合接入系统是一种比较现实的方案。

目前，建设宽带接入网有三种可选方案来支持窄带业务。第一种方案是在接入网中直接将话音等窄带信号打成包，进入宽带业务网，然后通过网关进入现有窄带业务网；第二种方案是通过 ATM 电路仿真方式在宽带接入网中支持现有窄带业务，窄带用户信息通过接入网的电路仿真接口进入 ATM 交换机，再通过 ATM 交换机的电路仿真接口进入现有窄带业务网；第三种方案是重叠建设窄带和宽带两个接入网，窄带和宽带用户信息分别通过不同的接口进入窄带和宽带业务网。以上三种方案各有不同的适用范围。第一种方案适合给用户提供廉价和有条件质量保证的 IP 电话/IP 传真等业务，无法满足用户对高质量话音通信的需求；第二种方案适用于新建住宅小区或商业大楼，这些地方还没有建设任何窄带接入网络，通过建设这样的宽带接入网可给用户同时提供高质量的窄带和宽带电信业务；第三种方案适合在已建设了窄带接入网的地区建设宽带接入网。

对于窄带和宽带接入系统，一般的划分标准是根据网络接口上的速率，即将用户网络接口上的最大接入速率超过 2Mbps 的用户接入称为宽带接入；窄带接入系统是基于支持传统的 64 Kbps 电路交换业务的，对以 IP 为主流的高速数据业务支持能力较差。

## 2. 接入网的光纤化

随着社会的发展，人们对通信服务的种类要求越来越多。除了一般的电话、传真、数据业务外，还要有会议电视、高速数据、电子邮政以及高清晰度电视等。另一方面，人们要求通信服务不受时空限制、随时随地、不论在静止或运动中都能方便、迅速、准确、经济地进行信息交换。在这种背景下，光纤通信向纵深发展，形成各种规模和不同层次的光纤通信网势在必行，也可以说是光纤通信发展的必然趋势。所以，接入网也必然要向光纤接入网发展。

当前电缆用户网是以电话业务为主，若要开拓其他新的通信业务，特别是宽带业务，它将受到电缆有关传输距离和带宽的限制。而这些年来，人们对传真通信、计算机通信以及图像传输提出了越来越高的要求，这一切都迫使用户网必须光纤化，以便满足人们的要求，并为未来多媒体通信、信息高速公路奠定基础。

与传统用户网相比，光纤网络有很多优点，两者的特点如表 1.1 所示。

表 1.1 传统用户网和光纤网络的特点

传统用户网	光纤网络
用户网区域受限制且仅为窄带业务	从窄带到宽带提供多种业务
宽带业务传输能力差	建设适宜未来需要的通信基础设施
统一的网络/一样的可靠性	实现灵活的、高可靠性的网络结构
设备庞大，维护使用效率差	进一步提高网络的维护和使用效率
经济性差	实现降低总成本的网络结构

目前，光纤化是今后通信发展的一大趋势，在长途网中，82%的网路已经由光纤来传输。





今后光纤将会继续向接入网推进，从光纤到路边向光纤到建筑物或到区段，最终实现全光化即光纤家庭。随着光纤向用户端靠近，投资也越大，所以在实际建设中，要根据业务预测组建用户接入网。

### 3. 铜缆技术的更新

从技术发展来看，首先现有的铜缆接入网必须改造，以 xDSL (HDSL, ADSL, VDSL 等) 数字用户线系列技术为代表的铜缆接入技术是一种重要改造手段；HFC 系统和非对称 Cable Modem 则是改造现有 CATV 网的试验性方案；但从发展来看，光纤接入，特别是宽带光接入辅以无线接入手段将占主导地位。

特别一提的是 ADSL 技术，它利用传统用户双绞铜线，向用户提供宽带业务。由于引入 ADSL 技术不需要对现有的用户环路进行改造，在目前尚不具备建设光纤接入网的城市，为满足用户对宽带业务的需求，可以采用 ADSL。

### 4. 以 ATM 技术或以太网技术为基础的无源光网络

以 ATM 技术为基础的无源光网络 (APON, 异步传送模式无源光网络) 代表了宽带接入技术的发展方向之一，其优势在于它结合了 ATM 多业务、多比特率支持能力和 PON (无源光网络) 透明宽带传送能力，业务的接入非常灵活。其提供的业务范围从具有交互性的图像分配业务到数据传送、局域网互联、透明的虚通道等。接入网中采用 PON 技术曾是电信业的热门，但由于价格过高难以为运营商接受。

由于 Internet 业务的大爆炸及完美的 ATM 技术的复杂和昂贵，人们已达成共识，未来的通信网将是一个具有高带宽的、可支持各种基于 IP 技术业务的、以包交换为基础的综合网络平台。宽带接入网在这个平台上将占有极其重要的位置，为了适应这种基于 IP 业务的需要，必须对宽带接入网进行优化设计。由于以太网技术在计算机局域网上的巨大成功，目前它已经成为城域网甚至核心网关键技术。因此，结合 PON 和以太网技术各自优点而形成的 EPON (Ethernet Passive Optical Network) (以太网无源光网络) (技术应运而生，并有较好的应用前景。

### 5. 宽带无线接入

典型的宽带无线接入的本地多路分配业务系统 (LMDS) 目前已开发面市。LMDS 采用蜂窝单元，以毫米波 28GHz 向用户提供 VOD、广播和会议电视、视频家庭购物等宽带业务。由于 LMDS 具有投资小、维护方便、安装迅速等特点，将为电信运营商带来新的选择。

### 6. 内置 SDH 接入技术

内置 SDH (异步数字体系) 接入网主要有以下优势：

(1) 兼容性强。SDH 的各种速率接口都有标准规范，在硬件上保证各供应商设备互联互通，为统一管理打下基础。

(2) 完善的自愈保护能力，增加网络可靠性。

(3) 借助 SDH 的大容量、高可靠性，可组成传输与接入的混合网。AN 除承载接入业务外，还可承载 GSM 基站、交换机中继等其他业务，降低了整个电信网络的投资。

(4) 网络操作、维护、管理功能 (OAM) 大大加强。SDH 帧结构中定义了丰富的管理维护开销字节，大大方便了维护、管理，由此建立的管理维护系统很容易实现自动故障定位，可以提前发现和解决问题，降低维护成本。