

Internet

接入网

Internet

与接入技术

李征 王晓宁 金添 编著

网络工程师实用技术培训教材



- 满足网络人才市场需求
- 搭建理论到实践的桥梁
- 注重实用的网络技术
- 面向基层网络技术人员



清华大学出版社

网络工程师实用技术培训教材

接入网与接入技术

李征 王晓宁 金添 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是一本介绍接入网概念、结构以及各种接入网技术的培训教材,在讲述各种接入网技术的同时还穿插介绍了与该技术对应的设备及实际应用。本书难度不大,适合初学者使用。

本书共分为 9 章:第 1 章介绍接入网的基础知识。第 2 章讲解接入网有关的 TMN 网管技术。第 3、4、5、6、7、8 章具体介绍了一些接入技术:第 3 章讲解话带 Modem 接入技术,第 4 章具体介绍 ISDN 技术,第 5 章讲解 xDSL 技术类,第 6 章介绍 CATV 网和 HFC 技术,第 7 章介绍光纤接入技术,第 8 章介绍无线接入技术。第 9 章介绍接入网组建的参考要素,以及当前中国接入网的发展状况和未来接入网的发展趋势。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

接入网与接入技术/李征,王晓宁,金添编著. —北京:清华大学出版社,2002.12
(网络工程师实用技术培训教材)

ISBN 7-302-06039-8

I. 接... II. ①李... ②王... ③金... III. 计算机网络:接入网-技术培训-教材
IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 084579 号

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

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

责任编辑:陶萃渊

印 刷 者:北京密云胶印厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:18 字数:445 千字

版 次:2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-06039-8/TP·3604

印 数:0001~4000

定 价:28.00 元

序

信息技术飞速发展，IT 行业突飞猛进，我国的 IT 行业已经历了网络时代的萌芽期，正在逐渐壮大和成熟，目前正朝着高速、宽带、移动、多元化应用的方向发展。

IT 业的发展需要大量的高素质技术人才，虽然我国的高校在不断扩大招生，每年都有相当数量的各种 IT 专业的毕业生走上工作岗位，然而对于迅速增长的 IT 人才的需求，仍然供不应求。而且大部分 IT 在职人员随着日新月异的技术发展，也越来越不能适应市场的需求，也需要进行进一步系统性的技术培训。

网络技术是 IT 领域的核心技术，是带动整个 IT 技术发展的龙头。近十余年来，我国的网络产业、网络基础设施建设以及网络应用获得迅速发展，但在我国具有一定基础知识和工程实践经验的基层网络规划、设计人员和网络管理人员的长期缺乏，制约了网络业乃至整个 IT 业进一步地高速发展。

如何进行网络系统的规则、方案设计和工程实施，如何进行网络的维护和管理，如何进行网络产品的开发，如何提供网络服务，这些问题都有待于拥有一定知识和实践经验的技术人员去解决。

通过调研，我们发现目前市场上有关网络技术书籍中的内容多偏于一般性或基础理论的论述，实践性不强，更缺乏建网与网络管理中实用技术的内容，致使建网及网管人员买不到适用的书籍。为了推广和发展我国的信息技术，为培养 IT 行业技术人才提供一条快捷之路，我们根据目前我国网络人才培训的需求，组成编委会，组织、策划并编写了这套丛书——《网络工程师实用技术培训教材》。

这套丛书包括了宽带 IP 网络、接入网、网络安全、网络管理、网络平台与服务、社区数字化系统、网络多媒体七方面内容，根据这些内容组织有关的人员分别编写了每本教材，组成这套丛书。

这套丛书的作者选自既有理论功底，又有实践经验的技术人员，且还包括有教学和培训经验的专家，并组成编委会，统一规划选题，并设专人负责每本教材的审稿工作。每本教材的大纲和目录均经过多次研讨。

全套书形成一个系统，内容上既包括原理与技术基础，又包括了网络各方面的实用技术，还有网络发展的一些热点技术；既适合于刚涉足网络工作的技术人员，更适合正在从事网络建设与管理的中级技术人员，对高级技术人员也有参考价值；也能作为高等院校有关网络课程的教材和参考用书。

张公忠

2002 年 7 月于清华园

编 委 会

主 任 张公忠

副主任 陈锦章 郭维钧 葛乃康 李学农

委 员 (按姓氏笔画为序)

马 严 毛剑英 张公忠 张国鸣

李学农 陈锦章 陈郎生 苏 斌

陆 倜 罗四维 郭维钧 徐时新

曹雨生 葛乃康 雷振洲 鲍 泓

前 言

不少人可能会了解一些具体的接入网技术，像 ISDN、ADSL 等使用很广泛的技术。但对接入网的概念可能不是很清楚。本书详细地介绍了接入网的概念、原理及相关技术。接入网自 1876 年诞生以来，发展至今已有一百多年的历史，但却不像电信网的核心网部分发展得那样迅速，因为接入网的改进在整个电信网中投资成本是最高的，所以不可能在短时间内频繁地更新技术，也不可能直接由一代技术直接跃到下一代技术，其间必然要经过一个过渡期。因此现在接入网的发展是电信网发展的关键因素，接入网的发展起着举足轻重的作用。近 20 年来，接入网技术的发展还是比较快的，这是因为受了各种因素的影响。新业务的发展对传统的传输媒质双绞线提出了挑战，光纤的发明成了革命性要素。光纤诱人的特性和潜在的带宽不断被通信技术发展商关注。他们针对实际情况，开发了一系列铜线与光纤相结合的技术，大大加快了光纤化的进程。在本书中，对近来风靡全球的接入网技术均有介绍，并有相关应用辅以说明。

全书共分 9 章，第 1 章介绍接入网的基础知识，以及一些交换技术。第 2 章讲解网络管理，这是任何网络都涉及到的问题。由于现在的网管技术主要是 TMN，所以本章主要介绍的也是 TMN 网管。从第 3 章开始到第 8 章具体讲解各种接入技术。第 3 章介绍当前使用最广泛的话带 Modem 接入技术。第 4 章介绍 ISDN 技术，虽然窄带 ISDN 已经不太被看好，但是目前中国市场还是有不少相关用户；宽带 ISDN 已经发展起来，而且被一些内行看好。第 5 章具体讲解 XDSL 技术类，这类技术比较适合现在通信介质的特点，尤其是 ADSL 现在发展很快，很多地方正在大力推广，能更大程度地满足各种业务需求。第 6 章介绍 CATV 网和 HFC 技术。第 7 章介绍光纤接入技术，这是现在最流行，也是将来发展的一个主趋势，所以讲的篇幅也比较多。第 8 章介绍无线接入技术，整个通信网络分为有线和无线，而现在无线通信的发展已经有赶超有线技术之势，这些接入技术在我国都是实际存在的。第 9 章介绍接入网组建的参考要素、我国接入网的发展现状和规划，以及未来接入网发展趋势。

这是一本接入网入门读物，可以作为培训和自学教材，比较适合初学者阅读。基本原理概念清楚，语言通俗易懂，比一般的通信书籍有较好的可读性。

本书主要部分由王晓宁、李征、金添编写，另外参加编写的有：张翰峰、杨华、孙琦、王望雄、孙琪、郭美山、张玉玲、徐平、石利文、李炎、王艳燕、闫高峰、杨桂莲、李琪、刘小华等。由于笔者学术水平有限，写作时间仓促，书中不足之处在所难免，欢迎读者予以批评指正。

作 者

2002 年 11 月

目 录

| | |
|-------------------------------|----|
| 第 1 章 接入网基础 | 1 |
| 1.1 什么是接入网 | 2 |
| 1.1.1 接入网的概念 | 2 |
| 1.1.2 接入网的分类 | 3 |
| 1.2 接入网的发展历史 | 3 |
| 1.2.1 从运营者的角度看待接入网的发展历史 | 4 |
| 1.2.2 从技术角度来看待接入网发展历史 | 4 |
| 1.3 接入网的结构功能 | 5 |
| 1.3.1 接入网的结构 | 6 |
| 1.3.2 接入网的接口 | 6 |
| 1.3.3 接入网的功能模块 | 7 |
| 1.3.4 接入网的一般分层模型 | 8 |
| 1.4 接入网交换技术 | 8 |
| 1.4.1 概述 | 8 |
| 1.4.2 STM 交换技术 | 9 |
| 1.4.3 ATM 交换技术 | 12 |
| 1.5 小结 | 18 |
| 第 2 章 网络管理 | 19 |
| 2.1 TMN 基本概念 | 20 |
| 2.1.1 引言 | 20 |
| 2.1.2 定义 | 21 |
| 2.1.3 TMN 的应用领域 | 22 |
| 2.1.4 TMN 的基本目标 | 23 |
| 2.1.5 与 TMN 相关的功能 | 23 |
| 2.1.6 体系结构要求 | 24 |
| 2.1.7 TMN 的管理业务和功能 | 24 |
| 2.1.8 TMN 的特点 | 25 |
| 2.2 TMN 结构 | 26 |
| 2.2.1 功能体系结构 | 26 |
| 2.2.2 信息体系结构 | 31 |
| 2.2.3 物理体系结构 | 34 |
| 2.3 TMN 功能 | 37 |

| | | |
|--------------|-----------------------------|------------|
| 2.3.1 | 网络管理功能概述..... | 37 |
| 2.3.2 | TMN 管理功能..... | 38 |
| 2.4 | 接入网管理..... | 41 |
| 2.4.1 | 概述..... | 41 |
| 2.4.2 | 接入网网管中的基本概念..... | 43 |
| 2.4.3 | 接入网网管的管理功能..... | 45 |
| 2.5 | 小结..... | 48 |
| 2.6 | 习题..... | 49 |
| 第 3 章 | 普通电话 Modem 接入技术..... | 50 |
| 3.1 | 调制解调器 (Modem)..... | 51 |
| 3.1.1 | 调制解调器的分类..... | 51 |
| 3.1.2 | 调制解调器的结构和原理..... | 53 |
| 3.2 | 拨号上网..... | 56 |
| 3.2.1 | Modem 的安装..... | 56 |
| 3.2.2 | 拨号网络配置..... | 57 |
| 3.3 | 局域网共享 Modem 上网..... | 59 |
| 3.4 | 小结..... | 62 |
| 3.5 | 习题..... | 62 |
| 第 4 章 | ISDN 接入技术..... | 63 |
| 4.1 | 窄带 ISDN..... | 64 |
| 4.1.1 | 基本概念..... | 64 |
| 4.1.2 | 网络结构..... | 66 |
| 4.1.3 | 相关协议..... | 75 |
| 4.1.4 | ISDN 的接入设备..... | 78 |
| 4.1.5 | ISDN 的应用..... | 79 |
| 4.2 | B-ISDN 接入技术..... | 81 |
| 4.2.1 | 基本概念..... | 81 |
| 4.2.2 | 网络结构..... | 83 |
| 4.2.3 | ATM 协议参考模型..... | 89 |
| 4.2.4 | ATM 组网应用..... | 100 |
| 4.3 | 小结..... | 104 |
| 4.4 | 习题..... | 105 |
| 第 5 章 | xDSL 技术..... | 107 |
| 5.1 | xDSL 技术综述..... | 108 |
| 5.1.1 | 概述..... | 108 |
| 5.1.2 | xDSL 调制解调技术..... | 113 |

| | | |
|--------------|-------------------------------|------------|
| 5.1.3 | xDSL 的应用 | 114 |
| 5.2 | ADSL 技术 | 116 |
| 5.2.1 | 概述 | 116 |
| 5.2.2 | ADSL 调制与解调 | 118 |
| 5.2.3 | G.Lite | 120 |
| 5.2.4 | ADSL 技术的应用和发展 | 121 |
| 5.2.5 | ADSL 终端设备 | 122 |
| 5.3 | HDSL 和 HDSL2 技术 | 123 |
| 5.3.1 | 概述 | 124 |
| 5.3.2 | HDSL | 125 |
| 5.3.3 | HDSL2 和 G.SHDSL | 128 |
| 5.3.4 | HDSL 的特点和应用 | 130 |
| 5.4 | VDSL 技术 | 130 |
| 5.4.1 | 概述 | 130 |
| 5.4.2 | 调制解调技术 | 132 |
| 5.4.3 | VDSL 存在的一些问题 | 133 |
| 5.5 | 小结 | 134 |
| 5.6 | 习题 | 135 |
| 第 6 章 | CATV 和 HFC 接入技术 | 136 |
| 6.1 | CATV 网 | 137 |
| 6.1.1 | CATV 结构 | 137 |
| 6.1.2 | CATV 网的改进与未来 | 138 |
| 6.1.3 | 我国 CATV 网的开发情况 | 139 |
| 6.2 | HFC | 140 |
| 6.2.1 | HFC 系统结构 | 142 |
| 6.2.2 | HFC 的网络结构 | 142 |
| 6.2.3 | HFC 的频谱 | 145 |
| 6.3 | Cable Modem | 146 |
| 6.3.1 | Cable Modem 的发展 | 146 |
| 6.3.2 | Cable Modem 的原理和使用 | 148 |
| 6.3.3 | Cable Modem 和 ADSL 的比较 | 153 |
| 6.3.4 | Cable Modem 的产品 | 155 |
| 6.3.5 | 我国 Cable Modem 接入技术方案实例 | 157 |
| 6.4 | 机顶盒 | 160 |
| 6.4.1 | 什么是机顶盒 | 161 |
| 6.4.2 | 机顶盒与电脑的区别 | 162 |
| 6.5 | 小结 | 163 |
| 6.6 | 习题 | 163 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第 7 章 光纤接入网技术 | 165 |
| 7.1 光纤接入网拓扑结构..... | 168 |
| 7.2 光纤媒质介绍..... | 168 |
| 7.2.1 概述..... | 169 |
| 7.2.2 分类..... | 169 |
| 7.2.3 连接方式..... | 170 |
| 7.2.4 发送和接收..... | 171 |
| 7.2.5 接口..... | 171 |
| 7.2.6 光缆..... | 171 |
| 7.3 光纤接入网的复用技术..... | 172 |
| 7.3.1 波分复用技术..... | 172 |
| 7.3.2 副载波复用技术..... | 174 |
| 7.3.3 空分复用技术..... | 175 |
| 7.3.4 时分复用技术..... | 175 |
| 7.3.5 频分复用技术..... | 176 |
| 7.3.6 码分多址技术..... | 177 |
| 7.4 有源光网络..... | 178 |
| 7.4.1 有源光网络概念..... | 178 |
| 7.4.2 光有源器件..... | 179 |
| 7.5 无源光网络..... | 185 |
| 7.5.1 无源光网络概念..... | 185 |
| 7.5.2 无源光器件..... | 191 |
| 7.6 宽带光纤接入网的应用..... | 194 |
| 7.6.1 宽带接入的需求现状..... | 194 |
| 7.6.2 宽带接入解决方案..... | 195 |
| 7.6.3 FTTx+LAN 接入方式..... | 196 |
| 7.7 小结..... | 200 |
| 7.8 习题..... | 200 |
| | |
| 第 8 章 无线接入技术 | 202 |
| 8.1 基本概念..... | 203 |
| 8.2 蜂窝移动通信系统..... | 203 |
| 8.2.1 蜂窝技术的回顾..... | 204 |
| 8.2.2 蜂窝通信基础..... | 208 |
| 8.2.3 无线多址接入技术..... | 214 |
| 8.2.4 蜂窝和 PCS 通信网..... | 222 |
| 8.3 卫星通信..... | 225 |
| 8.3.1 卫星通信发展简史..... | 225 |
| 8.3.2 卫星通信的特点..... | 225 |

| | | |
|--------------|--------------------------|------------|
| 8.3.3 | 卫星通信在中国的特殊地位 | 225 |
| 8.3.4 | 通信卫星的分类 | 225 |
| 8.3.5 | 卫星通信使用频段 | 226 |
| 8.3.6 | 卫星通信的基本概念 | 227 |
| 8.3.7 | 卫星通信在因特网中的应用 | 230 |
| 8.4 | 几种新的无线接入技术 | 231 |
| 8.4.1 | LMDS | 231 |
| 8.4.2 | 蓝牙技术 (BlueTooth) | 235 |
| 8.4.3 | WAP 技术 | 238 |
| 8.4.4 | GPRS | 240 |
| 8.4.5 | 第三代移动通信 | 243 |
| 8.5 | 小结 | 246 |
| 8.6 | 习题 | 246 |
| 第 9 章 | 接入网的现状和发展趋势 | 248 |
| 9.1 | 接入网建设应考虑的因素 | 249 |
| 9.1.1 | 技术分析 | 249 |
| 9.1.2 | 投资分析 | 258 |
| 9.1.3 | 组网结构 | 263 |
| 9.2 | 我国接入网的发展现状和规划 | 263 |
| 9.2.1 | 我国接入网的发展现状 | 263 |
| 9.2.2 | 我国接入网的发展规划 | 265 |
| 9.3 | 未来接入网的发展趋势 | 267 |
| 9.3.1 | 接入网宽带化进程中存在的问题 | 267 |
| 9.3.2 | 接入网发展的驱动力 | 268 |
| 9.3.3 | 接入网技术发展趋势 | 269 |
| 9.4 | 小结 | 270 |
| 9.5 | 习题 | 270 |
| 附录 | 术语英汉对照表 | 272 |
| 参考文献 | | 276 |

第 1 章 接入网基础

知识要点：

什么是接入网？对于接入网的划分和分类，读者要了解。只有概念明晰，才能对以后要学的知识理解更深。

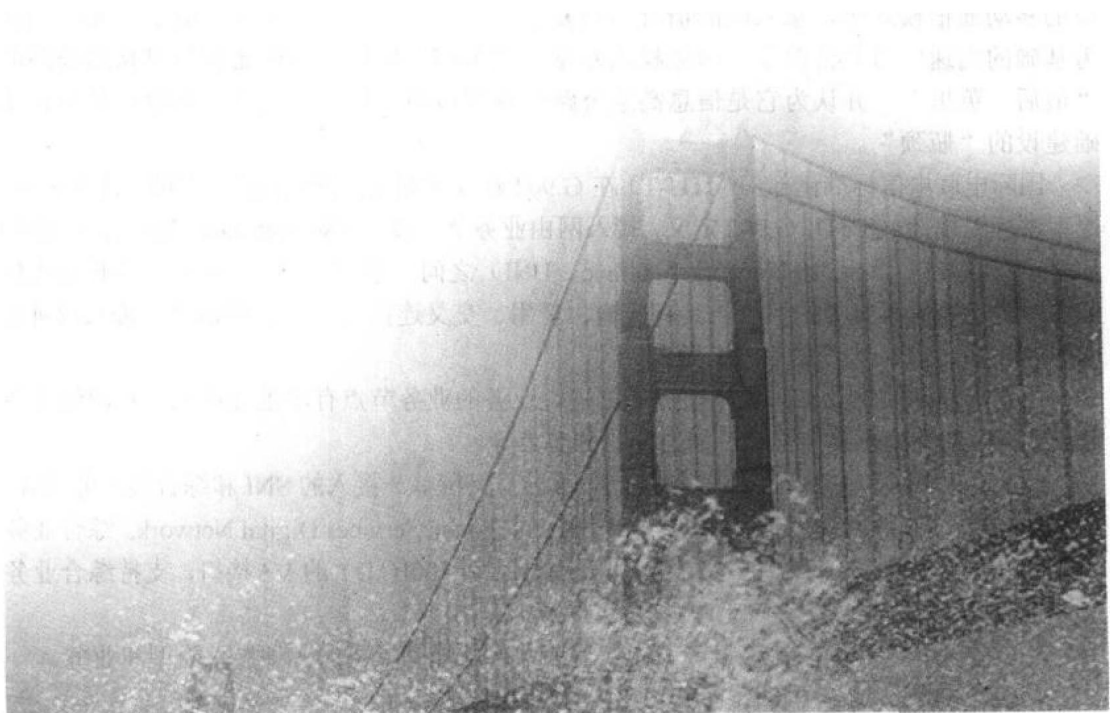
接入网的功能结构、功能模块、分层模型，读者可稍作了解。本章没有过多篇幅介绍这部分知识。

本章另一个知识重点是接入网的交换技术。交换技术的好坏直接影响到整个接入网质量的优劣。交换技术分为两类：STM（Synchronous Transfer Mode, 同步传输模式）和 ATM（Asynchronous Transfer Mode, 异步传输模式），在本章中都有介绍。对 STM 类，重点介绍 SDH 以及它的国际标准。对 ATM，则介绍它的空分、时分原理。

教学目标：

在涉入具体接入网和接入技术以前，了解概念，十分必要。在深入学习各种接入技术前，先学习一些预备知识，像交换技术：STM 和 ATM。网络是一个完整的系统，各部分都是不可或缺的。为了帮助读者更好地掌握接入网知识，介绍相关的技术知识是很有必要的。

在学习完本章后，读者应能区分网络的组成部分，界定接入网的界限；了解一些比较流行的交换技术，如 SDH（Synchronous Digital Hierarchy, 同步数字系列）、ATM。



1.1 什么是接入网

很多人或许对一些现在的接入技术有所了解，但对接入网的概念可能并不熟悉。尤其是对接入网界限的划定不明晰，本节介绍什么是接入网。

1.1.1 接入网的概念

公用电信网络在传统上被划分为三个部分，即长途网（长途端局以上部分）、中继网（长途端局与市局或市局之间的部分）、用户接入网（端局与用户之间的部分）。而现在更倾向于将长途网和中继网放在一起称为核心网（Core Network, CN），将余下部分称为接入网（Access Network, AN），或用户环路，主要用来完成用户接入核心网的任务，如图 1-1 所示（注：在本书中按连接端局与用户或用户驻地网之间的部分定义接入网）。

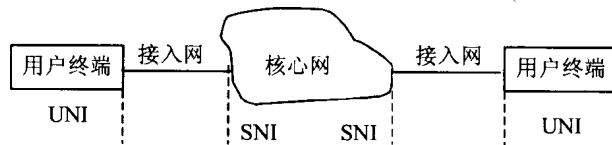


图 1-1 核心网与用户接入网示意图

接入网相对核心网而言，其环境、业务量密度，以及技术手段等均有很大差别。用户线路在地理上是星罗棋布，建设投资比核心网大得多；在传送内容上是图像等高速数据与语音低速数据并存；在方式上是固定或移动各有需求。此外，已有的体制种类繁多，如电信部门的铜缆话路通信模式、有线电视的同轴电缆单向图像通信模式，以及蜂窝通信的移动通信模式等，接入网的情况相当复杂。在当今核心网已逐步形成了以光纤线路为基础的高速信道的情况下，国际权威专家把宽带综合信息接入网比做信息高速公路的“最后一英里”，并认为它是信息高速公路中难度最高、耗资最大的一部分，是信息基础建设的“瓶颈”。

国际电联电信标准化部门（ITU-T）在 G.902 建议中对接入网的结构、功能、接入类型、原理进行了规范。按 ITU G.902 定义，接入网由业务节点接口（Service Node Interface, SNI）和用户网络接口（User to Network Interface, UNI）之间一系列传送实体构成，为传送电信业务提供所需承载能力的系统，具有传输、复用、交叉连接等功能。原则上，接入网可实现的 SNI 和 UNI 的类型数目没有限制。

业务节点是提供业务的实体，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。

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。支持单一接入的标准化接口主要有提供 ISDN (Integrated Services Digital Network, 综合业务数字网) 基本速率 (2B+D) 的 V1 接口和一次群速率 (30B+D) 的 V3 接口，支持综合业务接入的接口目前有 V5 接口，包括 V5.1、V5.2 接口。

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。

关于接入网的结构功能我们将在第 1.3 节中详细介绍。

1.1.2 接入网的分类

目前,根据传输方式可将接入网分为有线接入网和无线接入网两种接入方式。

为了比较清晰地表示有线接入网和无线接入网的进一步划分的类型,采用了如图 1-2 所示的形式。各种方式的具体技术实现是多种多样且各具特色的。有关的各种接入技术(接入技术是一种接入方式所采用的具体技术)将在后面详细介绍。

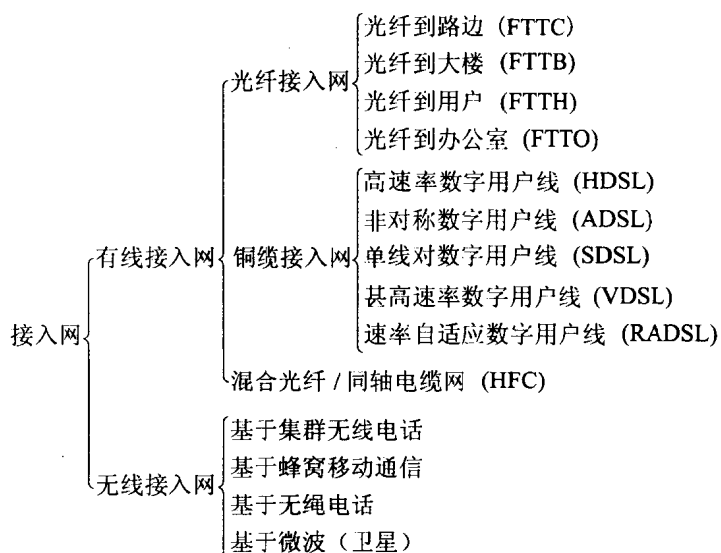


图 1-2 接入网的层次划分

1.2 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几乎近一个世纪而没有什么重大的改进,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)在苏格兰格拉斯哥(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 相关会议上正式提出接入网组网概念和 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,标志着接入网技术得到国际电信技术界的认同。

1.2.1 从运营者的角度看待接入网的发展历史

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。70 年代末数字程控交换机 (Switch Programm 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为电信运营和设备供应商所接受, 加上数/模混合网时代的来临, PCM 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大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 80 年代初期, CCITT 相关工作组先后提出了 V1、V2、V3、V4 共四种数字接口的一般性建议。由于运营者、传统设备供应商、新的竞争者之间的错综复杂的经济利益关系, 使得上述四种数字接口建议工作最终未能取得广泛的认同。

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垄断地位的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) 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。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 建议的制定方案。

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。

1.2.2 从技术角度来看待接入网发展历史

20 世纪 80 年代电子技术的发展, 使得 PCM 技术的一次群速率的经济传输距离从原

来的 20km~25km 下降到 6km~8km, 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。光纤的一个最大的优点是它的高带宽性, 一根常规单模光纤的可用带宽至少可达 30 000GHz, 而最好的同轴电缆的带宽不超过 1GHz, 微波的带宽不超过 300GHz, 可见光纤在带宽上比其他传输媒质的优势至少高出 2 个数量级。光纤的高带宽性使各种宽带业务和多媒体业务都成为可能, 从而给网络运营商提供了新的增值点和利润。光纤的另一大优点是抗干扰性, 光纤信道接近理想信道, 光纤信道不易受外界干扰, 误比特率很低, 从而延伸了传输距离, 减少了中继站的建设, 节省了投资成本。光纤的出现为接入网的革命性改革提供了有力的技术手段。然而, 由于最先建立的都是铜缆网, 引入光纤势必考虑成本问题, 所以现在主要还是在核心网和骨干网的干线部分应用光纤, 而配线和引入线的光纤化还刚刚开始, 随着成本的下降和宽带业务的需求增多, 接入网光纤化程度将日益提高。

在接入网光纤化的同时, 过去投巨资兴建的双绞线设施不可能在短时间内代之以光纤, 光纤化将是一个长期演化的过程, 所以在整个过渡期, 仍然要充分利用现有的双绞线, 并最大限度地发挥双绞线的带宽作用, 这对网络运营商和用户是一个一举两得的好事。于是 90 年代初, 出现了几种以铜线技术为基础的接入网新技术: 用户线对增容技术、高速数字用户线路 (HDSL)、非对称数字用户线路 (ADSL) 和甚高速率数字用户线路 (VDSL) 等一系列 xDSL 技术, 使传统的铜线技术握住了最后的商机。

另外随着接入网市场的放开, 传统的有线电视网 (CATV) 也正朝双向多业务的方向转变, 既能提供有线电视业务, 又能提供话音、数据、图像以及其他交互性业务。形成一个全业务网是 CATV 发展的目标, 这将成为电信部门一个有力的竞争对手。

在有线通信技术发展的同时, 无线接入技术也应运而生。在一些地理环境恶劣 (山脉、沙漠等) 的地区, 选择无线接入技术还是最合理的。而且随着个人对通信需求的增加, 固定通信手段已逐渐不能满足个人频繁移动的环境, 选择无线接入是必然的。在 20 年的时间里, 无线接入技术已经从模拟发展到了数字, 现在全球最广泛的 GSM 网络用户对它逐渐有了新要求, 从而又提出了 3G (第三代移动通信系统, 简称 3G) 的标准 (现在正在研究阶段, 两年内产品将会投入市场)。而现在移动运营商采用的是二代和三代之间的过渡产品——GPRS。

随着通信技术的发展, 有线和无线接入技术将呈现比翼齐飞的态势, 共同前进。

1.3 接入网的结构功能

在现代电信网环境下, 网络提供者和运营者正面对来自用户的日益增强的压力, 主要表现为要求迅速地提供高质量的新业务和动态地适应网络变化。传输网作为现代电信网的基础必须能很好地适应这些新的要求。这里的关键是网络的灵活性、弹性和生存性。网络的灵活性反映了一种需要快速适应用户新要求的能力, 这些要求有可能是一种目前尚不能提供的新业务; 网络弹性是指网络必须能忍受和适应不确定的业务增长和没有预见到的要求; 而网络生存性则是指网络经受设备或光缆损坏后仍能维持不中断业务通信的能力。上述关键要求在很大程度上与网络结构有关, 因而调查和研究接入网结构往往是接入网研究

开发和规划设计的基础。

1.3.1 接入网的结构

根据 ITU-T G.902 的定义，接入网位于交换端局和用户终端之间，是由业务节点接口（SNI）和相关的用户网络接口（UNI）之间的一系列传送实体（如线路设施和传输设施等）组成的。它可以支持各种交换型和非交换型业务，并将这些业务流组合后沿着公共的传送通道送往业务节点。其中包括将 UNI 信号转换为 SNI 信号。转换过程是透明的，接入网本身并不解释和处理信号的内容，故而可以把它看成是与业务和应用无关的传送网。

根据 ITU-T 定义，接入网的功能结构如图 1-3 所示。

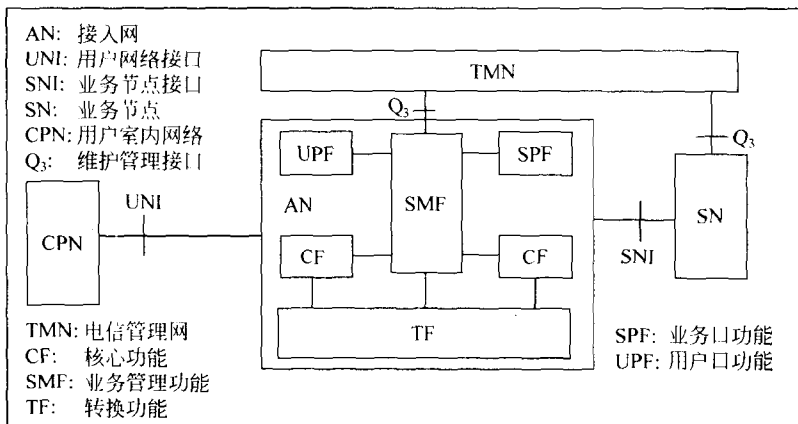


图 1-3 接入网功能结构

1.3.2 接入网的接口

接入网的接口有三类，即 UNI、SNI 和 Q₃ 管理接口。原则上，接入网对其所支持的 UNI 和 SNI 的类型与数目并不做限制。

UNI 是用户网络接口，不同的 UNI 支持不同的业务，如模拟电话、数字或模拟租用线业务等。顺便指出，对于 PSTN 而言，ITU-T 尚未建立通用的 UNI 综合协议，故而 UNI 目前只能采用相关网商的标准。

业务节点接口 SNI 有模拟接口（Z 接口）和数字接口（V 接口），可以支持一种专用接入类型，也可以支持多种接入类型。其中专用接入类型有：单个本地交换机、租用线业务节点、数字图像和声音点播业务节点等。近来，ITU-T 规范了两个新的综合接入接口，V5.1 和 V5.2（统称 V5 接口），其目的是促使长期以来一直封闭的交换机用户接口成为标准化的开放接口。V5.1 接口支持单个 2Mbit/s，固定时隙分配，不支持一次群速率接入；而 V5.2 接口支持 16 个 2Mbit/s，动态时隙分配，支持一次群和租用新业务，协议相对复杂，可以直接与 SDH 相连。V5 接口的意义是深远的，可以在接入段实现不同厂商设备的互联，然而该步骤的实现还有相当长的过程。

维护管理接口 Q₃ 是电信管理网（Telecommunication Management Network, TMN）与电信网各部分的标准接口。接入网作为电信网的一部分，也应通过 Q₃ 接口与 TMN 相连，以