

第 1 章 接入网概述

随着通信和互联网技术的迅速发展，电信业务逐步向综合化、数字化、智能化、宽带化和个人化的方向发展，人们对电信业务多样化的需求也在不断增加。如何充分利用现有的网络资源增加业务类型、提高服务质量，已日益成为电信专家和运营商关注与研究的课题，“最后一公里”问题成为大家最关心的焦点问题之一。因此，接入网已经成为当下网络应用和建设的热点。

1.1 接入网是什么

1.1.1 接入网的定义

要介绍接入网就要先介绍电信网。电信是指利用有线、无线的电磁系统或光电系统，对语音、文字、数据、图像及其他形式的电信号进行传输的过程。电信网是由一定数量的节点和传输链路按照规定的协议，实现两点或多点之间通信的网络。可以将电信网划分为公用电信网和用户驻地网两大类，其中用户驻地网为用户所有，故通常电信网仅指公用电信网部分。

公用电信网按功能，可划分为传输网、交换网和接入网三部分，交换网和传输网合在一起称为核心网。电信网的基本组成如图 1-1 所示。其中，核心网主要负责连接的建立、信息的交换、链路的拆除和释放，是整个电信网的核心部分。接入网主要完成将用户接入核心网的任务。用户驻地网可大可小，大到一栋大楼内的网络，小到一个家庭的一台电话座机、计算机或传真机，主要负责连接用户终端。

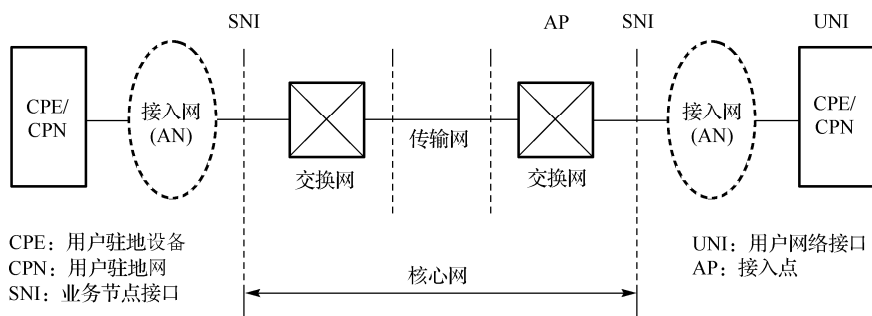


图 1-1 电信网的基本组成

1.1.2 接入网的界定

1995 年 7 月，国际电信联盟（ITU）通过了关于接入网框架结构的标准 G.902 建议，

其对接入网的定义是：接入网由业务节点接口（SNI）和用户网络接口（UNI）之间的一系列传送实体（如线路设施和传输设施）组成，为供给电信业务而提供所需的传送承载能力，可通过 Q3 管理接口进行配置和管理。

接入网所覆盖的范围可由三种接口来界定：网络侧经由 SNI 与业务节点连接；用户侧经由 UNI 与用户驻地网连接；管理侧则经 Q3 管理接口与电信管理网连接。由 SNI、UNI 和 Q3 管理接口所包围的范围为接入网，如图 1-2 所示。

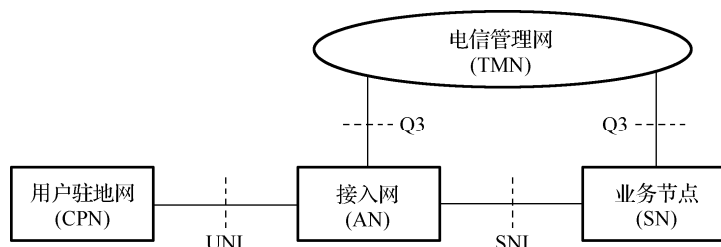


图 1-2 接入网的界定

业务节点（SN）是能够独立提供某种业务的实体（设备或模块），是一种可以接入各种交换型或非交换型电信业务的网元。业务节点多种多样，可以是电信交换机，也可以是路由器或特定配置情况下的点播电视、广播电视业务节点或其他业务服务器等。

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 和支持综合接入的 SNI。支持单一接入的标准化接口主要有：提供 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、V5.2 接口）。

UNI 是接入网和用户驻地网之间的接口，它能够支持目前网络所能提供的各种接入类型和业务，接入网的发展应当支持当前所有的接入类型和业务。

Q3 管理接口是电信管理网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电信管理网的策略。接入网通过 Q3 管理接口与电信管理网相连来实施电信管理网对接入网的管理和协调，从而提供用户所需的接入类型及承载能力。

接入网既可以支持多种不同的业务终端，又可以支持接入到多个不同业务特性的业务节点，如图 1-3 所示。

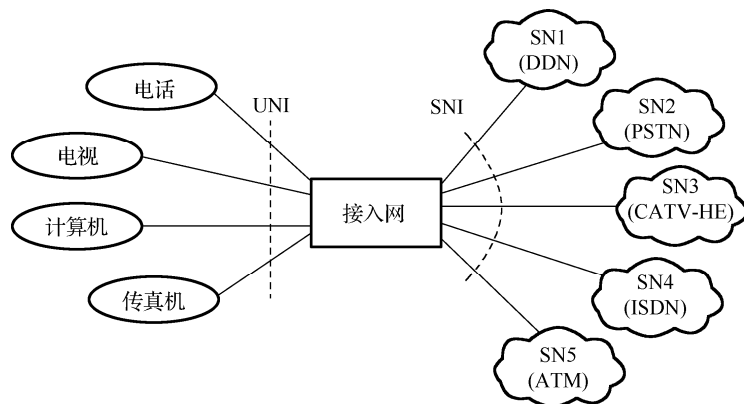


图 1-3 接入网连接多个不同业务示意图

1.1.3 接入网的功能结构

接入网有 5 种基本功能，即用户接口功能（UPF）、核心功能（CF）、传送功能（TF）、业务接口功能（SPF）、接入网系统管理功能（AN-SMF）。接入网的功能结构图如图 1-4 所示。

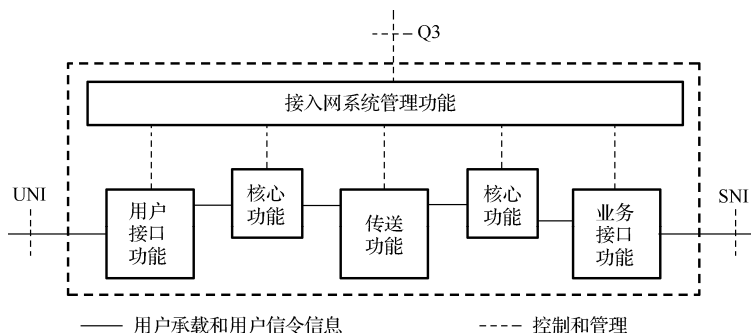


图 1-4 接入网的功能结构图

1. 用户接口功能（UPF）

将特定的 UNI 要求与核心功能和管理功能相适配，具体功能有：

- (1) 终结 UNI 功能；
- (2) A/D 转换和信令转换功能；
- (3) UNI 的激活/去激活功能；
- (4) 处理 UNI 承载通路及容量功能；
- (5) UNI 的测试和 UPF 的维护功能、管理及控制功能。

2. 核心功能（CF）

将各个用户接口承载要求或业务接口承载要求适配到公共传送承载体之中，包括对协议承载通路的适配和复用处理。核心功能可以分布在整個接入网内，具体功能有：

- (1) 接入承载通路的处理功能；
- (2) 承载通路的集中功能；
- (3) 信令和分组信息的复用功能；
- (4) ATM 传送承载通路的电路模拟功能；
- (5) 管理和控制功能。

3. 传送功能（TF）

为接入网中不同位置的公共承载通路提供传输通道，并进行所用传输介质的适配，具体功能有：

- (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) 物理介质功能。

4. 业务接口功能 (SPF)

将特定 SNI 规定的要求与公共承载通路相适配, 以使用核心功能进行处理, 并选择有关信息, 以便在 AN 系统中进行处理, 具体功能有:

- (1) 终结 SNI 功能;
- (2) 将承载要求、时限管理和操作运行及时映射进核心功能;
- (3) 特定 SNI 所需要的协议映射功能;
- (4) SNI 的测试和 SPF 的维护功能。

5. 接入网系统管理功能 (AN-SMF)

对 UPF、SPF、CF 和 TF 功能进行管理, 进而通过 UNI 与 SNI 来协调用户终端和业务节点的操作, 具体功能有:

- (1) 配置和控制功能;
- (2) 业务协调功能;
- (3) 故障检测与指示功能;
- (4) 用户信息和性能数据的采集功能;
- (5) 安全控制功能;
- (6) 通过 SNI 协调 UPF 和 SN 的时限管理与运行要求功能;
- (7) 资源管理功能。

1.1.4 接入网的特点

传统的接入网是以双绞线为主的铜线接入网。近年来, 随着接入网技术和接入手段的不断更新, 出现了光纤接入、无线接入并行发展的格局。接入网具有以下特点。

(1) 接入网结构变化大、网径大小不一。接入网用户类型复杂, 结构变化大, 规模小, 由于各用户所在位置不同, 因此接入网的网径大小不一。

(2) 接入网支持各种不同的业务。接入网的主要作用是实现各种业务的接入, 如语音、数据、图像、多媒体业务等。

(3) 接入网技术的可选择性大、组网灵活。在技术方面, 接入网可以选择多种技术, 如铜线接入技术、光纤接入技术、无线接入技术、混合光纤同轴电缆 (HFC) 接入技术等。接入网可根据实际情况提供环状、星状、总线状、树状、网状等灵活多样的组网方式。

(4) 接入网成本与用户有关、与业务量无关。各用户传输距离的不同是造成接入网成本差异的主要原因, 市内用户比偏远地区用户的接入网成本要低得多, 接入网成本与业务量基本无关。

此外, 接入网还具有不对称性和突发性特点。由于宽带接入网传输的业务大多是数据业务和图像业务, 这些业务是不对称的, 并且突发性很大, 上行和下行需要采用不同大小的带宽, 因此如何动态分配带宽也是接入网的关键问题之一。

1.2 接入网的发展

随着电信网的飞速发展和演变，接入网、传送网和交换网成为支持当前电信业务的三大基础网络。接入网是指核心网络与用户终端之间的所有链路和设备，其距离一般为几百米到几千米，因而形象地被称为“最后一公里”，它负责将终端用户接入核心网，并将各种电信业务透明地传输给用户。由于核心网一般采用光纤结构，传输速度快，而接入网一直是电信网领域中技术变化最慢、耗资最大、成本最敏感、法规影响最大和运行环境最恶劣的老大难领域，因此，接入网便成了整个网络系统的瓶颈。当前，网络结构不断优化，电信业务种类不断增长，迫切需要对接入网提出更高、更新的要求，对接入网技术进行不断的革新。

接入网的概念是由英国电信于1975年首先提出的，并且在1976年开始进行接入网组网的可行性试验，1977年在苏格兰和伦敦地区进行了较大规模的推广应用，1978年正式提出了接入网组网的概念。ITU参与了英国电信的前期工作，于1979年开始着手制定接入网的标准。1995年11月，第一个接入网的标准G.902建议出台，接入网首次作为一个独立的网络出现了，它是基于电信网的接入网。同时，为了打破交换机厂家的垄断，ITU强制推出了接入网的规范，推动了接入网的发展。

2000年11月，第二个接入网的标准Y.1231建议出台，它基于的是IP网的接入网，符合Internet迅猛发展的潮流，揭开了IP接入网迅速发展的序幕，ADSL、Cable MODEM和以太网接入技术等新兴技术也逐渐流行。

接入网的最大一次飞跃，应该说是光纤技术的诞生和应用。光纤作为传输介质，和其他传输介质相比有无可比拟的优越性。巨大的传输容量是光纤通信最显著的特点，一根常规单模光纤的可用带宽就可达到30 000GHz，而同轴电缆的带宽不过1GHz，微波的带宽也不超过300GHz，在数据流量需求飞速增长的今天，光纤的这一优点就显得尤为重要。此外，光纤的传输损耗极低，因此传输距离要比铜线长得多。同时，光纤还具有抗电磁干扰能力强、不产生电火花、信号串扰小、保密性好、光缆尺寸小、质量小、原材料丰富、价格低廉、可在恶劣环境下运行等特点。光纤势必取代铜线成为接入网的主要传输介质，但早期在接入网部分采用光纤时，成本是最大的阻碍，建设1km的光缆线路要比建设1km的铜线线路贵得多，这在一定程度上减缓了“光进铜退”的进程。2003年前后，光纤的成本大大降低，而且光纤通信的质量和传输容量大大地超越了铜线，FTTx的接入方式开始普及。

随着中国运营商近年来大规模FTTx网络部署的开展，中国成为拥有全球最多FTTx用户的国家之一，并且主导着全球FTTx市场的发展。按照工业和信息化部在“宽带中国2013专项行动”中提供的数据，2012年我国光纤到户（FTTH）覆盖家庭新增4900万户，累计达到9400万户；固定宽带互联网接入用户新增2510万户，累计达到1.75亿户；使用4Mbit/s及以上接入带宽的用户占比提高了23%，已超过了63%；全国单位带宽平均资费水平同比下降超过30%，宽带性价比有效提升。截至2016年5月底，全国FTTH覆盖家庭规模达到70 400万户，其中全国主导运营企业FTTH覆盖家庭平均比例已接近90%，部分省市（如江苏、天津）已覆盖接近100%的家庭。2016年在主导业务区，中国电信（中

国电信集团有限公司)与中国联通(中国联合网络通信集团有限公司)为保持自身在宽带市场中的优势,通过合作等方式对城市老旧小区和重点乡镇继续加大FTTH网络建设的改造力度,中国移动(中国移动通信集团公司)在固定宽带市场持续发力。同时,农村地区宽带提速也在积极推进,目前在农村地区开展光纤到户建设也逐步成为共识。截至2016年5月底,全国行政村的光纤通达比例超过80%,宽带接入能力超过12Mbit/s的行政村比例超过50%,农村地区FTTH端口占FTTH总端口的比例达到31.6%,其中山东省和浙江省的占比已经超过45%。

千兆入户时代正在到来。在“光进铜退”的同时,随着4K电视等高带宽应用的推广普及,百兆接入的需求迅速增长,千兆入户正加速部署。为解决EPON、GPON等技术面临的带宽瓶颈,上海等地的运营企业在全面部署FTTH网络的基础上,积极部署10GPON技术商用化示范试点。

近年来,随着各种宽带业务的不断涌现和业务类型的多样化,接入技术宽带化和多样化、接入承载的差异化和接入终端设备的可控化,将成为新一代宽带接入网的发展趋势与重要特征,未来我国接入网的发展方向主要表现在以下方面。

(1) 宽带接入是接入网发展的必然趋势。

(2) 宽带接入基于IP是大趋势。

(3) 未来接入网必定是全业务接入网。

(4) 分阶段、有步骤地向FTTH/FTTO演进,是接入网切实可行的发展方向。

(5) 接入网对多种因素敏感,还没有一种绝对主导的技术。采用多元化的接入技术,以模块式结构来构筑公共接入平台,融合多元化的接入技术,融合多种技术和业务,简化网络结构,才能适应接入网的发展。

1.3 接入网的分类

可以从不同的角度对接入网进行分类,如按拓扑结构、传输介质、传输信号的形式、接入业务的速率、接入技术等分类。

1.3.1 按拓扑结构分类

接入网的拓扑结构指的是机线设备的集合排列形状,它反映了物理上的连接性。当前,接入网中常见的拓扑结构有星状网、环状网、总线状网和树状网等,如图1-5所示。在实际应用中还可以将以上各种拓扑结构进行组合,形成其他形式的网络结构。

接入网的成本在很大程度上受拓扑结构的影响,拓扑结构与接入网的效能、可靠性、经济性和提供的业务直接相关。下面分别介绍有线接入网络和无线接入网络的拓扑结构。

(1) 铜线接入网拓扑结构

铜线接入网主要是指基于固定电话网的用户数字线(xDSL)接入网,其复用系数小。所采用的拓扑结构与固定电话网的拓扑结构相似,除用户驻地网(CPN)外,都以网状、星状和复合状拓扑结构为主。

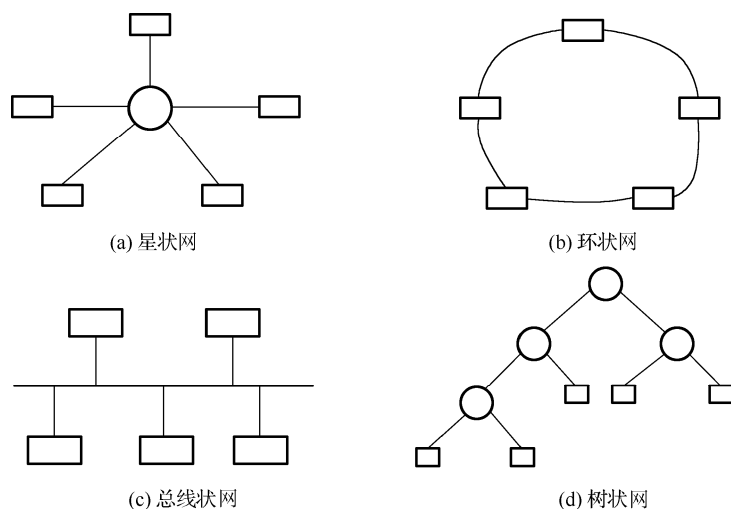


图 1-5 接入网按拓扑结构分类

(2) 光纤接入网拓扑结构

光纤接入网所采用的拓扑结构应考虑光纤的特点，其复用系数大，成本较低，以总线状、星状、环状、树状为基本拓扑结构，在实际工作中还可采用网状、双星状、双环状等拓扑结构。

(3) HFC 接入网拓扑结构

HFC 接入网是指基于有线电视（CATV）的接入网，所采用的拓扑结构以树状拓扑结构为主。

(4) 无线接入网拓扑结构

无线接入网拓扑结构通常分为两类：无中心拓扑结构和有中心拓扑结构。在无中心拓扑结构中，一般所有站点都使用公共的无线广播信道，并采用相同的协议征用无线信道，任意两个节点之间都可以直接进行通信。这种结构的优点是组网简单、成本低、网络稳定性好；缺点是当站点增多时，网络服务质量会下降，网络的布局受到限制。无中心拓扑结构适用于用户数较少的情况。

在有中心拓扑结构中需要设立中心站点，所有站点对网络的访问均受其控制。这种结构的优点是当站点增多时，网络服务质量不会急剧下降，网络的布局受限小，扩容方便；缺点是网络稳定性差，一旦中心站点出现故障，网络就会陷入瘫痪，并且中心站点的引入增大了网络成本。

1.3.2 按传输介质分类

在整个通信网中，接入网属于通信网的末端，直接与用户连接。根据所采用的传输介质，接入网可以分为有线接入网和无线接入网，如图 1-6 所示。

有线传输介质是指在两个通信设备之间的物理连接部分，它能将信号从一方传输到另一方。有线传输介质主要有双绞线、同轴电缆和光纤，其中，双绞线和同轴电缆传输电信号，光纤传输光信号。

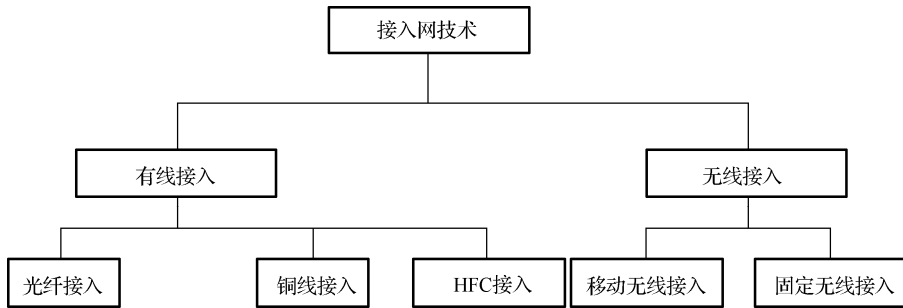


图 1-6 接入网按传输介质分类

无线传输介质是指自由空间。利用无线电波在自由空间中的传播可以实现多种无线通信。电磁波根据频率的不同，可分为无线电波、微波、红外线和激光等，信息被加载到不同频率的无线电波上进行传输。无线接入网根据通信终端的状态，可分为移动无线接入网和固定无线接入网。固定无线接入网主要为固定位置的用户或仅在小区内移动的用户提供服务，主要包括卫星直播系统、多路多点分配业务、本地多点分配业务、无线局域网（WLAN）、全球微波接入互操作性（WiMAX）等。移动接入网主要为移动用户提供各种电信业务，包括蜂窝移动通信、卫星移动通信和 WiMAX 等。

不同传输介质的特性也不相同，如物理特性、传输特性、连通性、地域范围、抗干扰性、相对价格等。不同的特性对网络中数据的通信质量和通信速率有较大的影响。

1.3.3 按传输信号的形式分类

按传输信号的形式分类，接入网可以分为数字接入网和模拟接入网。

- (1) 数字接入网：接入网中传输的是数字信号，如 HDSL、光纤接入网、以太网接入等。
- (2) 模拟接入网：接入网中传输的是模拟信号，如 ADSL 等。

1.3.4 按接入业务的速率分类

按接入业务的速率分类，接入网可以分为窄带接入网和宽带接入网。不同时期、不同国家、不同行业有不同的定义，宽带与窄带的一般划分标准是用户网络接口上的速率。早些年将用户网络接口上的最高接入速率超过 2Mbit/s 的用户接入称为宽带接入，而在 2018 年 5 月 3 日，宽带发展联盟发布第 19 期《中国宽带速率状况报告》，提到 2018 年第一季度我国固定宽带网络平均下载速率达到 20.15Mbit/s，相比 2017 年第一季度提升 54.9%。

接入速率的高低是区分窄带与宽带的因素，窄带接入网与宽带接入网更本质的区别是信息的传输方式不同。窄带接入网基于电路方式传输业务，适用于对语音等带宽固定、对 QoS 要求比较高的实时业务的传输，而对以 IP 为主流的高速数据业务的支持能力较差。接入网支持的窄带业务主要有普通电话业务、模拟租用线业务、ISDN 基本速率和基群速率业务、低速数据业务，以及 $N \times 64\text{kbit/s}$ 数据租用业务等。宽带接入网则以分组传输方式为基础，这些分组可以是 ATM 信元、IP 数据包、帧中继帧或以太网帧等，宽带接入网适合用来解决数据业务的接入问题。接入网支持的宽带业务主要有高速数据业务、

VOD 业务、数字电视分配业务、交互式图像业务、多媒体业务、远程医疗业务、远程教育业务等。

1.3.5 按接入技术分类

按接入技术分类，接入网包括铜线接入技术、以太网接入技术、HFC 接入技术、光纤接入技术、无线接入技术等。

1. 铜线接入技术

按带宽的不同，铜线接入技术可分为铜线窄带接入技术和铜线宽带接入技术。铜线窄带接入技术包括 PSTN 拨号接入技术、ISDN 拨号接入技术和 DDN 接入技术。铜线宽带接入技术也称为 xDSL 接入技术，是指采用不同的调制方式将数据信息送到普通电话铜线上实现高速传输的技术，数据业务与电话业务共享同一条电话线，采用频分复用技术实现数据和语音的同时传输，充分利用埋在地下铜线资源实现宽带接入，具体接入结构如图 1-7 所示。xDSL 接入技术是对多种用户线高速接入技术的统称，包括 ADSL、HDSL、VDSL、SDSL、RDSL 等，其中应用较广的是 ADSL。

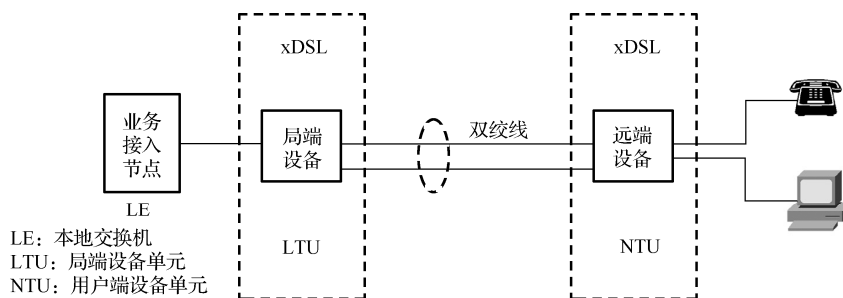


图 1-7 xDSL 接入结构

ADSL 技术是一种利用双绞线传输双向不对称比特率数据的技术。所谓不对称，是指上行（用户到局端）速率和下行（局端到用户）速率不相等，在一条电话线上从局端到用户的下行速率可以达到 1.5~8Mbit/s，上行速率可以达到 160~640kbit/s，同时，在同一条电话线上还可以提供电话服务。ADSL 技术的最大传输距离为 5.5km，并随着数据传输速率的提高而相应缩短。以上特性使得 ADSL 技术成为网页浏览、视频点播和远程局域网的理想方式，因为对于大部分 Internet 和 Intranet 应用，用户下载的数据量远大于上传的数据量。

VDSL 技术与 ADSL 技术类似，依然在一对铜质双绞线上实现信号传输，无须铺设新线路或对现有网络进行改造。用户一侧的安装也较简单，只要用分离器将 VDSL 信号和语音信号分开，或者在电话机前加装滤波器即可。VDSL 的上行速率、下行速率也是不对称的，其下行速率有 52Mbit/s、26Mbit/s、13Mbit/s 三种，上行速率有 19.2Mbit/s、2.3Mbit/s、1.6Mbit/s 三种。VDSL 是一种传输距离很短的宽带接入技术，在小于 300m 时可具有比 ADSL 更高的数据传输速率，并且当 ONU（Optical Network Unit，光网络单元）离终端用户很近时，可与 FTTC、FTTB 等结合使用。

xDSL 技术在同一条铜线上分别传输数据和语音信号，充分使用现有铜线网络设施提供可视电话、多媒体检索、LAN 互联、Internet 接入等业务。xDSL 作为由窄带接入网到宽带

接入网过渡的主流技术，在我国电信发展史上具有重要的作用，但其在应用上也存在诸多问题。

(1) 经济性差。造价较高，与新建无源光纤点对多点复用相比，已无优势可言。

(2) 实用线路质量难以适应 xDSL 的高技术标准。线路传输带宽不足，不能实现高速视频。

(3) xDSL 的驱动功率较大，线间串扰较大，对其他低频通信设备会造成干扰。

2. 以太网接入技术

以太网接入技术是一种较实用的宽带接入技术。以太网接入技术自 1990 年开始发展，目前已经非常成熟。据统计，以太网的端口数约为所有网络端口数的 85%。传统以太网技术不属于接入网范畴，而属于用户驻地网领域，然而其应用领域正在向包括接入网在内的其他公共网领域发展。利用以太网作为接入手段的主要原因如下：

(1) 以太网有巨大的网络基础和长期应用的经验知识；

(2) 目前所有流行的操作系统和应用都与以太网兼容；

(3) 性价比高、可扩展性强、可靠性高、容易安装和开通；

(4) 以太网接入方式与 IP 网是最佳匹配。

以太网接入是指以太网技术与计算机网络的综合布线相结合，直接为终端用户提供基于 IP 的多种业务的传输通道。在宽带小区的以太网接入系统中，用户侧设备主要是楼内交换机，并通过 VLAN 划分进行用户隔离，通过光纤或电缆与局侧设备连接。局侧设备主要是三层交换机，它与管理网、IP 核心网及各种服务器连接，提供认证、授权、计费等服务。

以太网的早期传输介质是同轴电缆，现已经被淘汰，目前使用的主要是五类或五类以上的双绞线，也可以是光纤或无线电波等。网络层已统一使用 IP 协议，同时以太网技术已经有重大突破，容量分为 10Mbit/s、100Mbit/s、1000Mbit/s 三级，可按需升级，10Gbit/s 以太网系统已经问世多年。

以太网技术最佳地匹配了 IP 技术，它采用变长帧、无连接、域内广播等技术，正在一统链路层。新兴的宽带运营商专门针对电信运营商已经大量发展了以太网接入技术，如 IEEE 802.3ah—2004、EFM 等。同时，以太网接入技术正在进一步完善，其系统结构、接入控制、用户隔离安全性都将得到改善或提高。

3. HFC 接入技术

HFC (Hybird Fiber-optic Cable, 混合光纤同轴电缆) 接入网是一种综合应用模拟和数字传输技术、同轴电缆和光缆技术、射频技术的高度分布式智能型接入网络，是通信网和有线电视 (CATV) 网相结合的产物，可以提供有线电视、宽带数据、电话等多种业务的接入。

HFC 接入网的干线部分以光纤为传输介质，配线网部分保留原有的树状—分支状同轴电缆网。HFC 接入网模拟频分复用信道，其信号调制方式与光纤 CATV 网兼容，一般为残留边带调幅 (VSB-AM) 方式。HFC 接入网在原有的有线电视系统的基础上，引入 Cable MODEM 技术，实现多种业务的接入。Cable MODEM 的通信和普通 MODEM 一样，是数据信号在模拟信道上交互传输的过程，其前端设备为电缆调制解调器 (CMTS)，用于管理和控制 Cable MODEM，用户侧设备为 CM (Cable MODEM)。HFC 接入网的结构如图 1-8 所示。

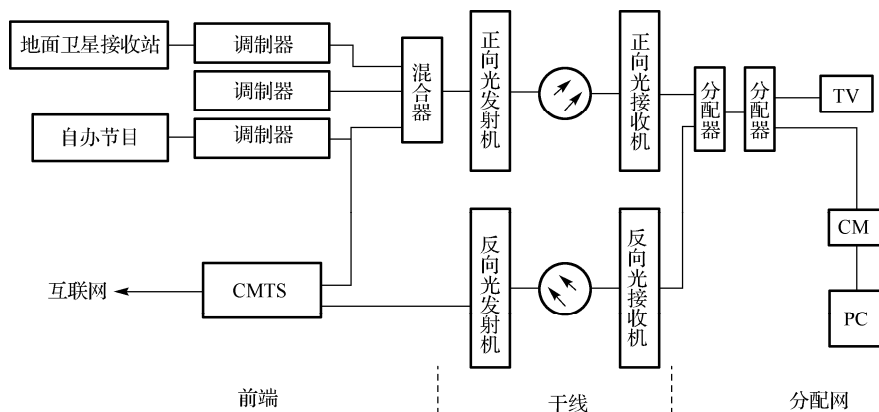


图 1-8 HFC 接入网的结构

HFC 系统在下行方向的有线电视业务由前端设备提供，数据或语音业务通过 CMTS 调制，不同的业务通过混合器进行频分复用，再通过正向光发射机把信号沿光缆线路传输至光节点，然后正向光接收机把信号进行光电转换和射频放大，再经同轴电缆分配网络到达用户终端，并将电视信号送给电视机，数据信号通过 CM 的调制解调后供给 PC。上行传输是下行传输的逆过程，但仅发送计算机的数据信号，而电视不回传。

HFC 是从光纤 CATV 演变而来的，新业务的初期成本低，运营成本也大大下降。利用 HFC 可以提供电话、数据和先进视频等多业务平台，它的带宽较大，但作为 IP 接入还存在很多问题。由于 HFC 采用的是模拟传输方式，因此可靠性不是很高，特别是系统的噪声问题较为严重，反向回传会产生类似漏斗的噪声累积。其上行信道也比较受限，电话供电问题也不易解决。HFC 在频谱分配方案中没有国际标准，市场上的设备不易互通，由于暂时不支持 Q3 管理接口，管理问题解决得也不是很好，因此，HFC 作为光电系统宽带接入技术在新建网络中已基本不再采用，取而代之的是 EPON+EOC 技术。

4. 光纤接入技术

接入网已由铜线接入发展为光纤接入，即所谓的“光进铜退”，前面介绍的 xDSL 技术、HFC 技术大多用到了铜线，在一定时期内可以满足一部分宽带接入的需求，但这些都是过渡技术。以光纤为传输介质的光纤接入技术具有容量大、衰减小、传输距离远、防干扰能力强、保密性好等诸多优点，且其建设成本也相对较低，因此，光纤接入成为当前宽带接入的主流技术。

光纤接入网可分为两大主流技术网络：有源光网络（Active Optic Network, AON）和无源光网络（Passive Optic Network, PON）。二者的区别主要是网络中是否含有有源电子设备。PON 具有成本低、对业务透明、易于升级和易于维护管理的优势，近年来发展得十分迅猛。基于 PON 技术的宽带接入网根据光网络单元（ONU）的位置可分为多种应用类型，有 FTTC（光纤到路边）、FTTB（光纤到大楼）、FTTH（光纤到户）等几种形式，因此光纤接入网又称为 FTTx 接入网。

光纤接入网的结构如图 1-9 所示。从该图可看出，一个光纤接入网主要由光线路终端（OLT）、光分配网络（ODN）、光网络单元（ONU）、适配功能模块（AF）组成。其中，OLT 主要用于提供骨干网与配线网之间的接口；ODN 位于 OLT 和 ONU 之间，用于完成光

信号功率的分配；ONU 位于 ODN 和用户之间，ONU 的网络具有光接口，而用户侧为电接口，因此需要具有光/电转换功能，并能实现对各种电信号的处理与维护。适配功能模块主要为 ONU 和用户设备提供适配功能。

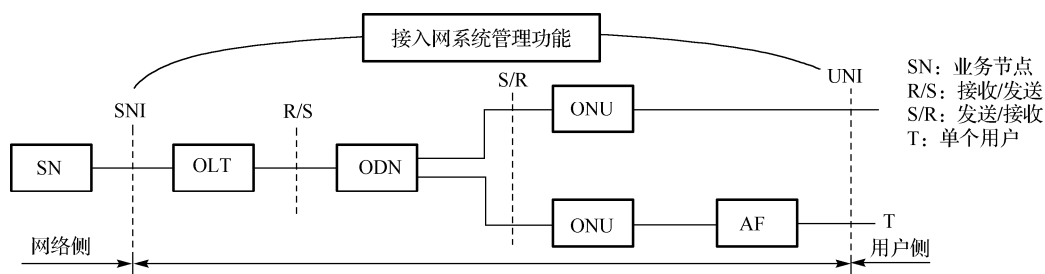


图 1-9 光纤接入网的结构

5. 无线接入技术

随着通信技术的飞速发展，在敷设最后一段用户线时通常会面临一系列的难题：铜线和双绞线的长度在 4~5km 时会出现高环阻问题，通信质量难以保证，在山区、岛屿、城市用户密度较大而管线紧张的地区架设用户线困难且耗时、费力、成本高。为了解决这个所谓的“最后一公里”问题，达到快速安装、价格低廉的目的，无线接入技术便应运而生。无线接入网是指从业务节点接口到用户终端全部或部分采用无线方式，即利用卫星、微波及超短波等向用户提供各种电信业务的接入系统。无线接入网又可分为固定无线接入网和移动无线接入网。

固定无线接入网主要为固定位置的用户或仅在小区内移动的用户提供服务，主要包括卫星直播系统（DBS）、多路多点分配业务（MMDS）、本地多点分配业务（LMDS）、无线局域网（WLAN）、WiMAX 等。

移动无线接入网为移动用户提供各种电信业务，主要包括蜂窝移动通信、卫星移动通信和 WiMAX。其中，WiMAX 既可以实现固定无线接入，又可以实现移动无线接入。

近年来，随着电信市场的开放、通信与信息产业技术的快速发展，各种高速率的宽带接入系统不断涌现，而宽带无线接入系统凭借其建设速度快、运营成本低、投资成本回收快等特点，受到了运营商的青睐。

目前，宽带无线接入技术的发展极为迅速，各种微波、无线通信领域的先进手段和方法不断引入，各种无线接入技术迅速涌现，包括 26GHz 频段 LMDS 系统、3GHz 频段 MMDS 系统和无线局域网 WLAN、WiMAX、蓝牙技术、UWB 等。宽带无线接入技术的发展趋势是：一方面充分利用过去未被开发或应用不是很广泛的频率（如 2.4GHz、3.5GHz、5.7GHz、26GHz、30GHz、38GHz 甚至 60GHz）资源，实现尽可能高的接入速率；另一方面，融合微波和有线通信领域成功应用的先进技术（如高阶 QAM 调制、ATM、OFDM、CDMA、IP 等），以实现更大的频谱利用率、更丰富的业务接入能力和更灵活的带宽分配方法。

小结

1. 电信是指利用有线、无线的电磁系统或光电系统,对语音、文字、数据、图像及其他形式的电信号进行传输的过程。

电信网是由一定数量的节点和传输链路按照规定的协议,实现两点或多点之间通信的网络。

2. 公用电信网按功能,可划分为传输网、交换网和接入网三部分,交换网和传输网合在一起称为核心网。其中,核心网主要负责连接的建立、信息的交换、链路的拆除和释放,是整个电信网的核心部分。接入网主要完成将用户接入核心网的任务。

3. 接入网有5种基本功能,即用户接口功能(UPF)、核心功能(CF)、传送功能(TF)、业务接口功能(SPF)和接入网系统管理功能(AN-SMF)。

4. 接入网与核心网相比有非常明显的特点:接入网结构变化大、网径大小不一,支持各种不同的业务,可选择性大、组网灵活,成本与用户有关、与业务量无关等。

5. 可从不同的角度对接入网进行分类。

按照拓扑结构分类,可分为星状网、环状网、总线状网和树状网等。接入网的成本在很大程度上受拓扑结构的影响,拓扑结构与接入网的效能、可靠性、经济性和提供的业务直接相关。

按照传输介质分类,可分为有线传输和无线传输。其中,有线传输介质主要有双绞线、同轴电缆和光纤。无线接入网可分为移动无线接入网和固定无线接入网。

按照传输信号的形式分类,可分为数字接入网和模拟接入网。

按照接入业务的速率分类,可分为窄带接入网和宽带接入网。

按照接入技术分类,可分为铜线接入技术、以太网接入技术、HFC接入技术、光纤接入技术、无线接入技术等。

习题

1. 画图并说明按照网络功能划分时的电信网的基本组成。
2. 接入网是如何定义的?有哪些接口?
3. 常用的接入技术有哪些?
4. 简述未来我国接入网的发展方向。
5. 走访固网运营商,了解固网运营商面临哪些挑战。面对这些挑战,简要说明解决问题的对策或技术方案。
6. 查找相关资料,调查目前主要应用的宽带接入技术,比较各种宽带接入技术的优点和缺点,完成一篇《宽带接入技术综述》文章。