



计算机与通信工程学院
School of Computer & Communication Engineering

第3章 物理层



3.1	物理层概述
3.2	物理层的接口特性
3.3	数字传输系统
3.4	宽带接入技术

物理层功能

计算机网络物理层考虑什么？

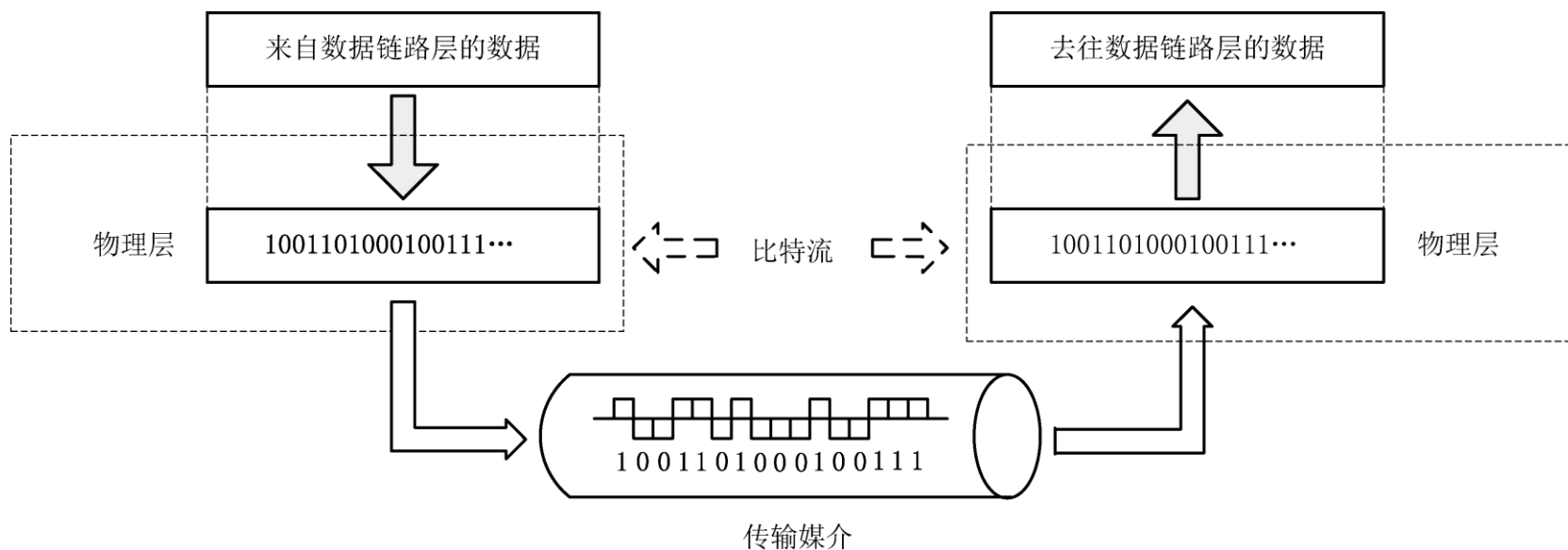
位置：物理层是网络体系结构中的最低层。

- 是连接计算机的具体物理设备吗？ ❌
- 是负责信号传输的具体物理媒介吗？ ❌

- 物理层考虑的是怎样才能在连接各种计算机的传输媒介上**传输数据比特流**，而**不是指具体的传输媒介**。
- 物理层的作用是要尽可能地**屏蔽**掉不同传输媒介和通信手段的差异，为数据链路层提供一个统一的数据传输服务。

物理层的逻辑位置

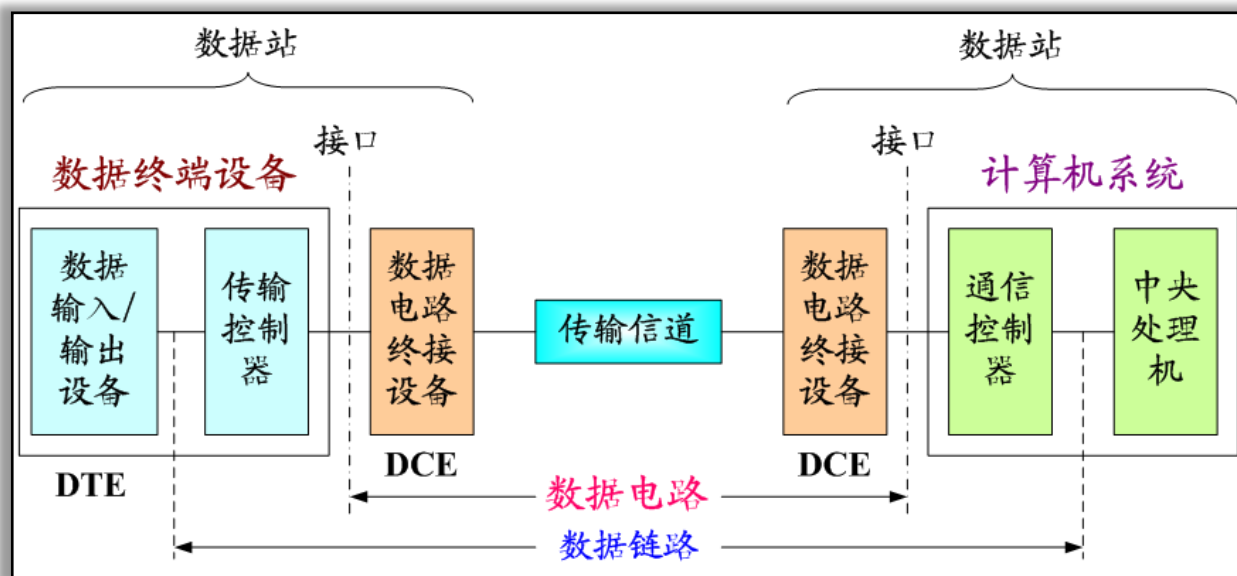
从逻辑角度看，物理层是传输媒介与数据链路层之间的接口。



物理层提供的服务

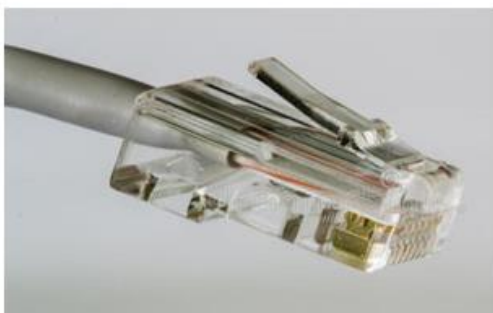
- **物理连接的建立、维持和释放。** 当数据链路层实体发出建立物理连接请求时，物理层实体使用相关的接口协议（物理层协议）完成连接的建立，并且在数据信号传输过程中维持这个连接，直到传输结束后再释放这个连接。
- **传输数据。** 物理层为数据传输提供服务，需要形成适合数据传输需要的实体。该实体应能提供足够的带宽，保证数据正确通过。传输数据的方式要能满足点到点、点到多点、串行或并行、半双工或全双工、同步或异步传输的需要。
- **物理层的管理。** 对物理层内的一切活动进行管理。在将数据发送到传输媒介上之前，本地节点必须处理原始的数据流，把从数据链路层接收的数据帧转换为用0和1表示的适合传输的电、光或电磁信号。

- 物理层接口协议实际上是数据终端设备(DTE) 和数据电路终接设备(DCE) 之间的一组约定，规定了二者之间的标准接口特性。
- 标准化的DTE/DCE接口具有的特性
 - 机械特性
 - 电气特性
 - 功能特性
 - 规程特性



机械特性

- 涉及接口的物理结构，DTE和DCE作为两种不同的设备通常采用接线器来实现机械上的连接。
- 对接口所用接线器的**形状和尺寸**、**引脚数目和排列**、**固定和锁定装置**等作出详细的规定。



各种类型物理接口



机械特性

- ISO标准中涉及DTE/DCE接口机械特性的标准

	引脚数	应用环境
ISO 2110	25	串行和并行音频调制解调器、公用数据网接口、电报（包括用户电报）接口和自动呼叫设备
ISO 2593	34	ITU-T V. 35的宽带调制解调器
ISO 4902	37, 9	串行音频和宽带调制解调器
ISO 4903	15	ITU-T X. 20、X. 21和X. 22所规定的公用数据网接口



电气特性

- 规定了DTE/DCE之间**多根信号线的电气连接及有关电路特性**。
- 通常包括发送器和接收器的**电路特性**（如**发送信号电平**、**发送器的输出阻抗**、**接收器的输入阻抗**、**平衡特性等**）、**负载要求**、**传输速率和连接距离等**。

普通电话交换网接口电气特性的主要规定

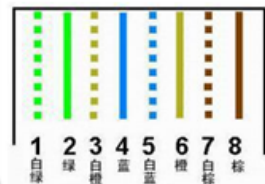
发送电平	接收电平	阻抗	平衡特性
≤0dBm	-35dBm ~ -5dBm, 视各种Modem而定	600Ω	平衡输入输出

ITU-T V/X系列有关建议的某些电气特性

ITU-T建议	1信号电平	0信号电平	速率范围
V.28	-5~-15V(对地)	+5~+15V(对地)	≤ 20 kb/s
V.10/X.26	-4~-6V(对地)	+4~+6V(对地)	≤ 300 kb/s
V.11/X.27	-2~-6V(差动)	+2~+6V(差动)	≤ 10 Mb/s

功能特性

- 描述接口执行的功能，定义接线器的每一引脚(针，Pin)的作用。



引脚	信号
1	TD+(发送数据，正向差分信号)
2	TD-(发送数据，负向差分信号)
3	RD+(接收数据，正向差分信号)
4	未使用
5	未使用
6	RD-(接收数据，负向差分信号)
7	未使用
8	未使用

10BASE-T RJ-45 接口功能特性

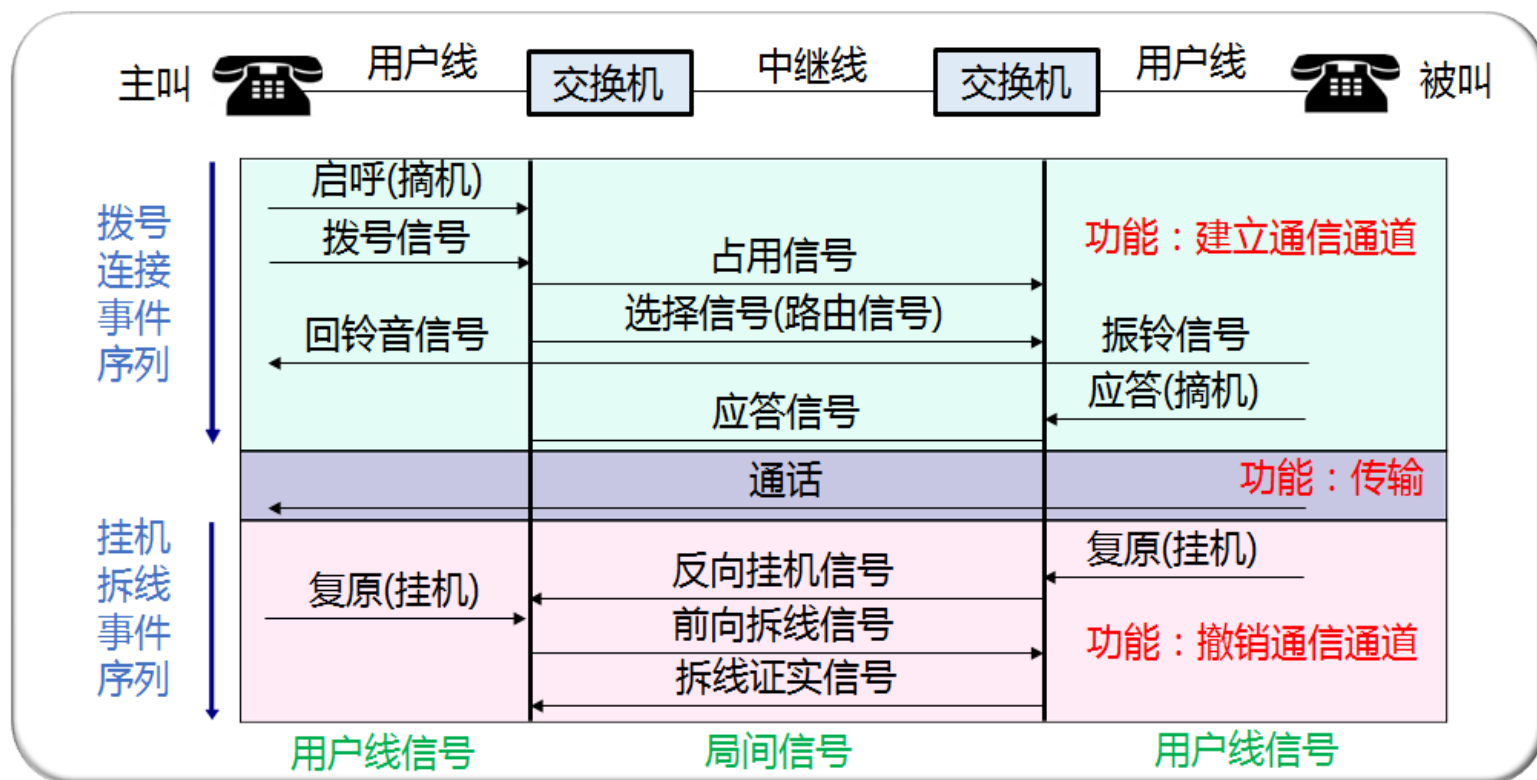
针脚	符号	方向	说明
1	DCD	输入	数据载波检测
2	RXD	输入	接收数据
3	TXD	输出	发送数据
4	DTR	输出	数据终端准备好
5	GND	-	信号地
6	DSR	输入	数据装置准备好
7	RTS	输出	请求发送
8	CTS	输入	允许发送
9	RI	输入	振铃指示



RS-232-C DB-9接口功能特性

规程特性

- 规定了DTE/DCE接口各信号线之间的相互关系、工作顺序和时序，以及维护测试操作等内容。
- 反映了通信双方在数据通信过程中可能发生的各种事件。



示例：电话通信

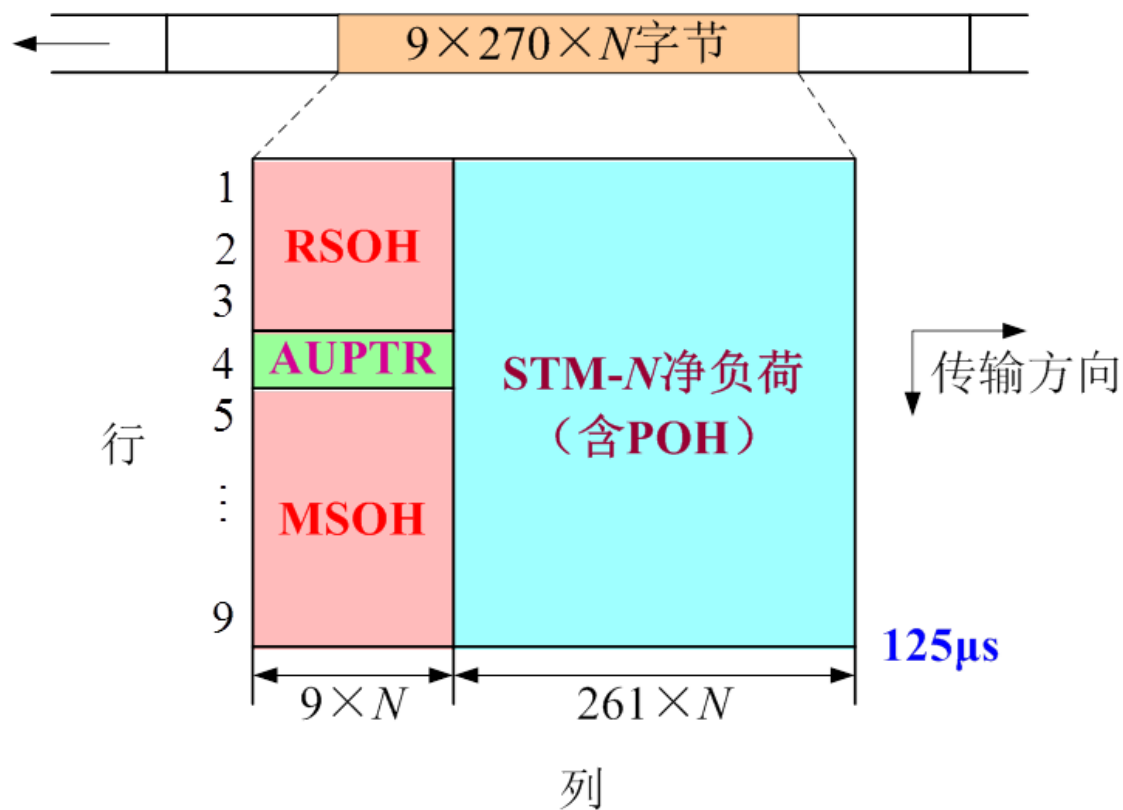


PCM传输体制的速率系列

系统类型		一次群	二次群	三次群		四次群	
欧洲 中国	速率符号	E1	E2	E3		E4	
	话路数	30	120	480		1920	
	速率/ (Mbit/s)	2.048	8.448	34.368		139.264	
北美 日本	速率符号	T1	T2	T3 (北美)	T3 (日本)	T4 (北美)	T4 (日本)
	话路数	24	96	672	480	4032	1440
	速率/ (Mbit/s)	1.544	6.312	44.736	32.064	274.176	97.728

同步数字体系

- SDH采用一套标准化的信息结构等级，称为同步传送模块STM-N（N代表复用等级）。
- SDH的帧结构与一般信息的帧结构不同，属于块状帧结构。



宽带接入技术

- **宽带**：标准在不断提高。
- 在互联网的发展初期，用户都是利用**电话的用户线**通过**调制解调器**连接到ISP，电话用户线接入到互联网的速率最高仅达到**56 kbit/s**。
- 美国联邦通信委员会（FCC）原来认为只要双向速率之和超过**200 kbit/s** 就是**宽带**。但 2015 年重新定义为：
 - 宽带下行速率要达到 **25 Mbit/s**
 - 宽带上行速率要达到 **3 Mbit/s**
- 从宽带接入的媒体来看，可以划分为两大类：
 - 有线宽带接入
 - 无线宽带接入



3.4 宽带接入技术

接入技术分类

接入技术	有线接入技术	铜线接入技术	公共交换电话网 (PSTN)、高比特率数字用户线 (HDSL)、非对称数字用户线 (ADSL)、甚高速率数字用户线 (VDSL)
		光纤接入技术	光纤到路边 (FTTC)、光纤到大楼 (FTTB)、光纤到办公室 (FTTO)、光纤到楼层 (FTTF)、光纤到小区 (FTTZ)、光纤到户 (FTTH)、光纤到桌面 (FTTD)
		混合光纤/同轴电缆接入技术	
	无线接入技术	固定无线接入技术	微波一点多址 (DRMA)、无线本地环路 (WLL)、直播卫星 (DBS)、多点多路分配业务 (MMDS)、本地多点分配业务 (LMDS)、甚小型天线地球站 (VSAT)
		移动接入技术	移动蜂窝通信网、无线寻呼网、无绳电话网、集群电话网、卫星全球移动通信网、个人通信网
	综合接入技术	FTTC+HFC	
		有线+无线	

基于铜线的xDSL接入技术

- xDSL是以电话铜线（普通电话线）为传输媒体、点对点传输的宽带技术。
- 是各种**数字用户线DSL**(Digital Subscriber Line) 的统称。
- 优点：不需要对现有接入系统进行改造就能开通宽带业务。
- 种类
 - ADSL(Asymmetric DSL)：对称数字用户线
 - SDSL (Symmetric DSL)：对称数字用户线
 - HDSL (High speed DSL)：高速数字用户线
 - VDSL (Very high speed DSL)：甚高速数字用户线
 - Giga DSL：超高速数字用户线
 - 华为公司于 2012 年首先研制成功样机
 - 使用时分双工 TDD (Time Division Duplex)和 OFDM 技术

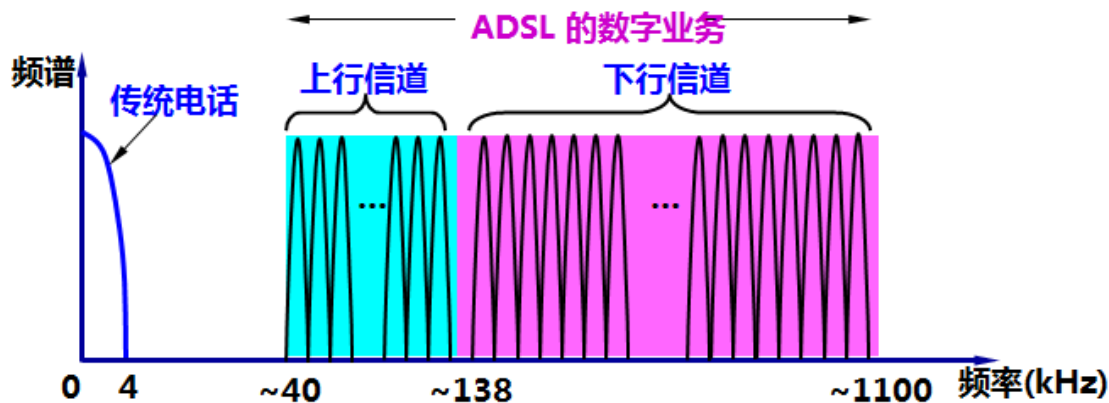


ADSL 技术

- DSL 就是**数字用户线** (Digital Subscriber Line) 的缩写。
- **非对称数字用户线 ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line) 技术就是用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造，使它能够承载宽带业务。
- **非对称**：下行（从 ISP 到用户）带宽**远大于**上行（从用户到 ISP）带宽。
- 标准模拟电话信号的频带被限制在 300~3400 Hz 的范围内，但用户线本身实际可通过的信号频率仍然超过 1 MHz。
- ADSL 技术就把 0~4 kHz 低端频谱留给传统电话使用，而**把原来没有被利用的高端频谱留给用户上网使用**。

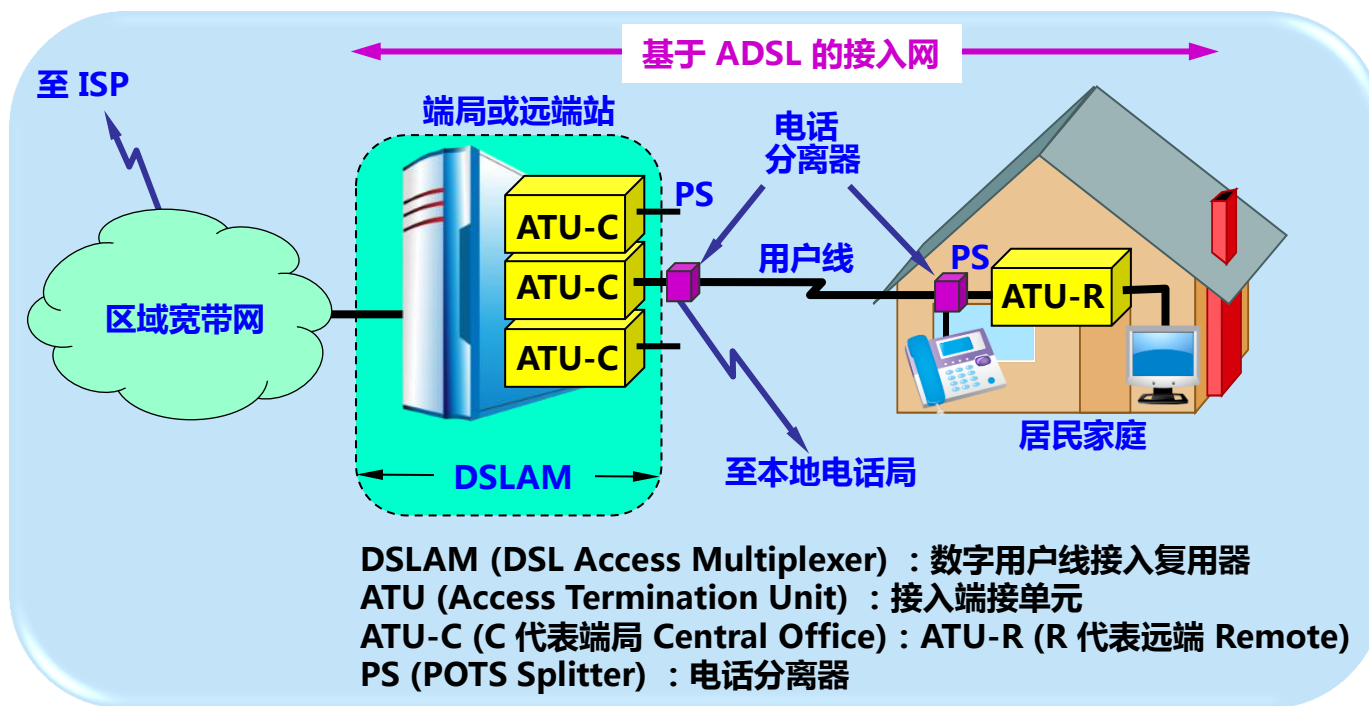
ADSL 技术

- 在用户线（铜线）的两端各安装一个 **ADSL 调制解调器**，采用的实现方案是**离散多音调 (DMT, Discrete Multi-Tone)**调制技术。
- 这里的“多音调”就是“**多载波**”或“**多子信道**”的意思。
- DMT 调制技术采用**频分复用**的方法，把 40 kHz 以上一直到 1.1 MHz 的高端频谱划分为许多子信道，其中 **25 个子信道用于上行信道**，而 **249 个子信道用于下行信道**。每个子信道占据 **4 kHz 带宽**（严格讲是 4.3125 kHz），并使用不同的载波（即不同的音调）进行数字调制。这种做法相当于在一对用户线上使用许多小的调制解调器**并行地**传送数据。



ADSL 技术

- ADSL的组成：**数字用户线接入复用器**（DSLAM, DSL Access Multiplexer）、**用户线**和**用户家中的一些设施**。



ADSL 最大好处是可以利用现有电话网中的用户线（铜线），而不需要重新布线，节省了大量投资。

第二代 ADSL

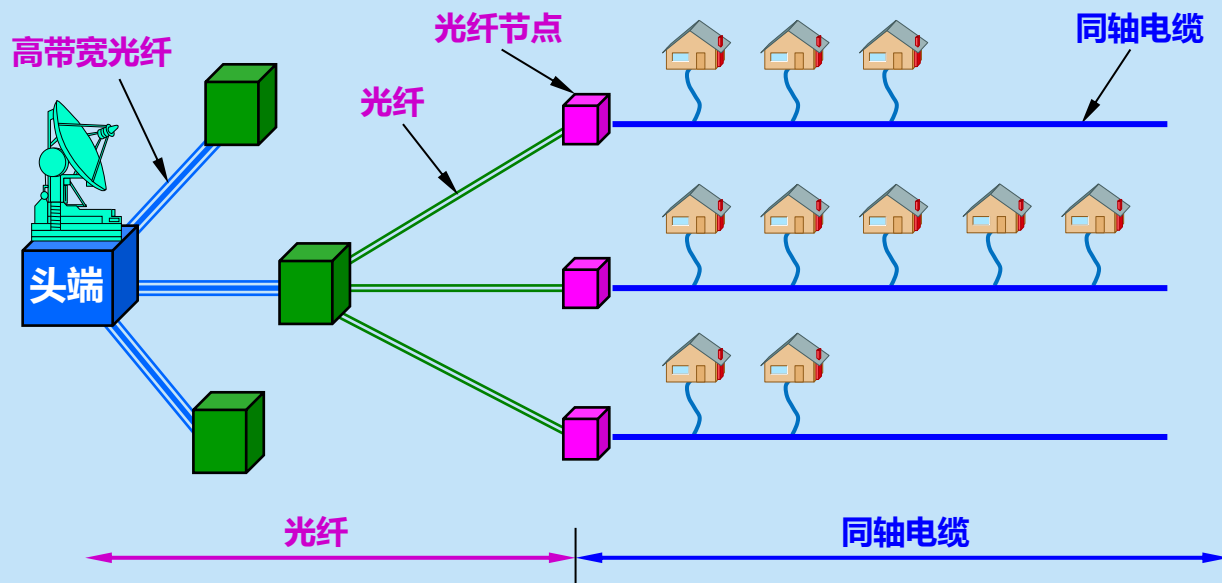
- 包括 ADSL2 (G.992.3 和 G.992.4) 和 ADSL2+ (G.992.5) 。
- 通过提高调制效率得到了**更高的数据率**。
 - ADSL2要求至少应支持下行8Mbit/s、上行800kbit/s的速率。
 - ADSL2+ 则将频谱范围从 1.1 MHz 扩展至 2.2 MHz , 下行速率可达 16 Mbit/s (最大传输速率可达 25 Mbit/s , 上行速率可达 800 kbit/s) 。
- 采用**无缝速率自适应技术**(SRA , Seamless Rate Adaptation) , 可在运营中不中断通信和不产生误码的情况下 , 自适应地调整数据率。
- 改善了线路质量评测和故障定位功能 , 提高了网络运行维护水平。

ADSL 并不适合于企业 , 因为企业往往需要使用上行信道发送大量数据给许多用户。

基于混合光纤同轴电缆的接入技术

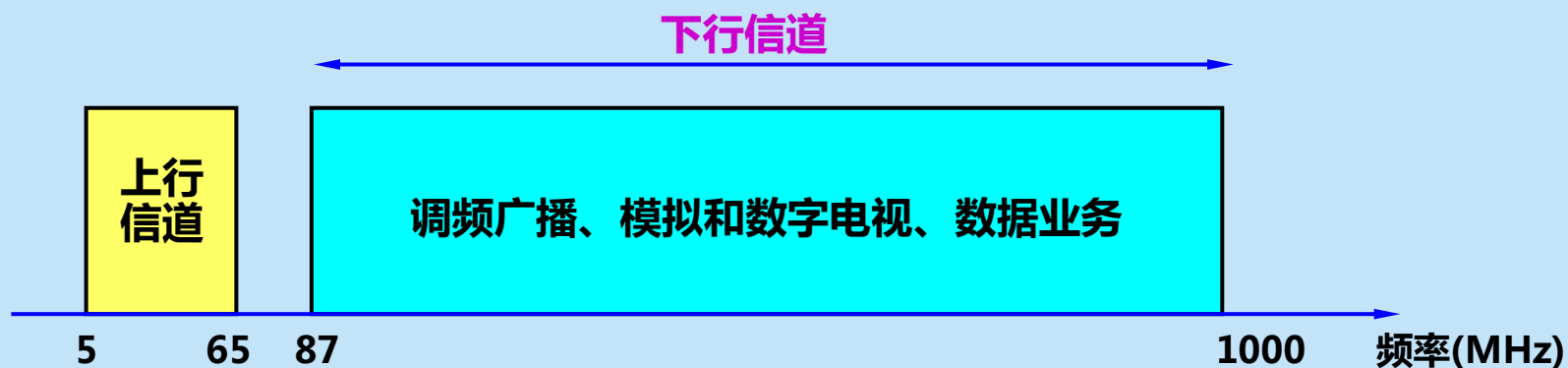
- HFC (Hybrid Fiber Coax) 网是在原有覆盖面很广的有线电视网 CATV 的基础上开发的一种居民宽带接入网，将原 CATV 网中的同轴电缆**主干部分改换为光纤**，并使用模拟光纤技术，除可传送 CATV 外，还提供电话、数据和其他宽带交互型业务。

HFC 网的结构图



基于混合光纤同轴电缆的接入技术

- HFC (Hybrid Fiber Coax) 网是在原有覆盖面很广的有线电视网 CATV 的基础上开发的一种居民宽带接入网，将原 CATV 网中的同轴电缆**主干部分改换为光纤**，并使用模拟光纤技术，除可传送 CATV 外，还提供电话、数据和其他宽带交互型业务。



我国的 HFC 网的频谱划分

基于混合光纤同轴电缆的接入技术

- **机顶盒 (set-top box)**
 - 连接在同轴电缆和用户的电视机之间
 - 使现有的模拟电视机能够接收数字电视信号
- **电缆调制解调器**
 - 将用户计算机接入互联网；
 - 最大的特点就是传输速率高；
 - 在上行信道中传送交互数字电视所需的一些信息；
 - 不需要成对使用，而只需安装在用户端；
 - 比普通电话线上使用的调制解调器要复杂得多，必须解决共享信道中可能出现的冲突问题。

光纤接入技术

- 光纤接入技术实际就是在接入网中全部或部分采用光纤传输介质，构成光纤用户环路，实现用户高性能宽带接入的一种方案。
- 光纤接入网（OAN）是指在接入网中用光纤作为主要传输媒介来实现信息传输的网络形式，它不是传统意义上的光纤传输系统，而是针对接入网环境所专门设计的光纤传输网络。



光纤接入网基本结构示意图

♥ 光纤接入网的分类

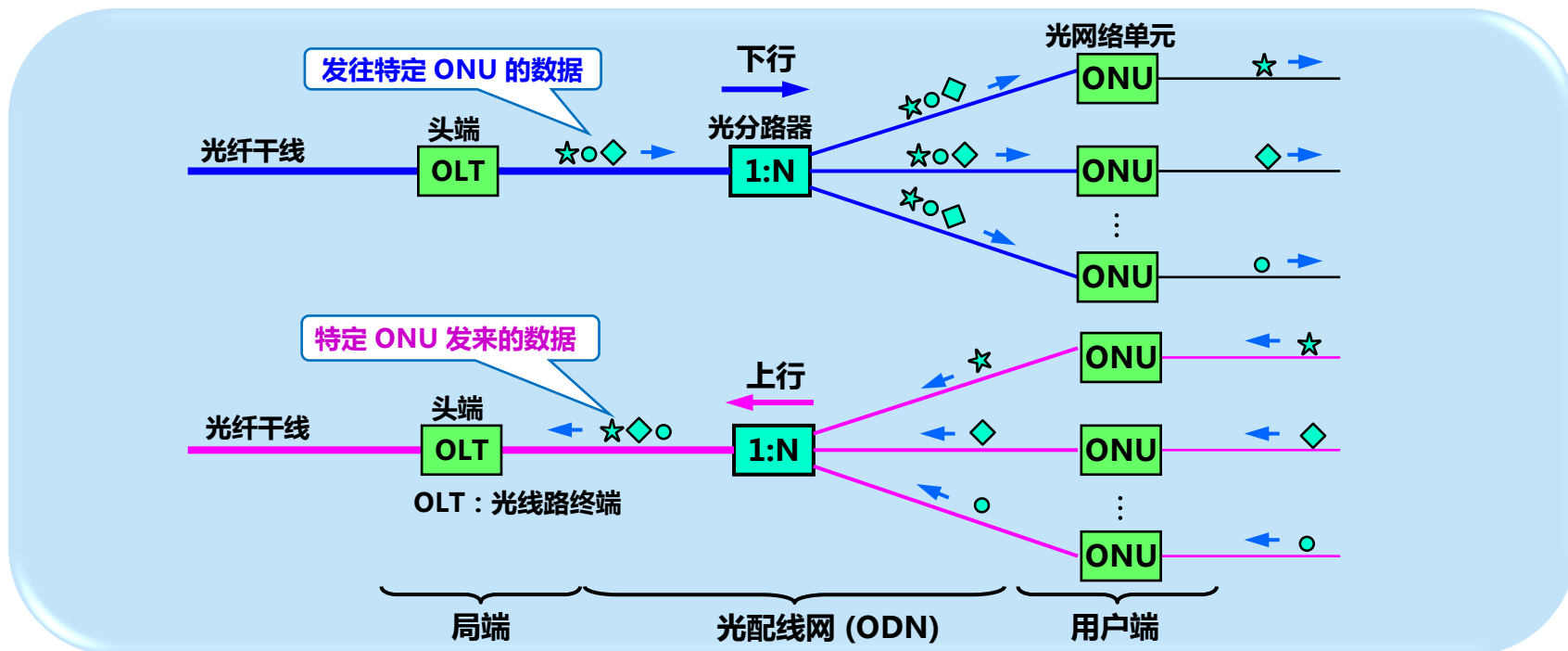
✓ 有源光网络（AON）

使用电复用器分路

✓ 无源光网络（PON）

使用光分路器分路

无源光网络 PON (Passive Optical Network)



光配线网 (ODN , Optical Distribution Network) : 位于光纤干线和广大用户之间。

无源的光配线网常称为**无源光网络** (PON , Passive Optical Network)。

无源光网络 PON (Passive Optical Network) 的组成

- 采用波分复用 WDM , 上行和下行分别使用不同的波长。
- 两种最流行的无源光网络 (PON , Passive Optical Network) :
 - 以太网无源光网络 (EPON , Ethernet PON)
 - 在链路层使用以太网协议 , 利用 PON 的拓扑结构实现以太网的接入。
 - 与现有以太网的兼容性好 , 且成本低 , 扩展性强 , 管理方便。
 - 吉比特无源光网络 (GPON , Gigabit PON)
 - 采用通用封装方法 GEM (Generic Encapsulation Method) , 可承载多业务 , 且对各种业务类型都能够提供服务质量保证 , 总体性能比EPON好。
 - 成本稍高。

FTTx 技术

- FTTx 是一种实现宽带居民接入网的方案，代表多种宽带光纤接入方式。
- FTTx 表示 Fiber To The...（光纤到...），例如：
 - 光纤到户 FTTH（Fiber To The Home）：在光纤进入用户的家门后才把光信号转换为电信号。
 - 光纤到路边 FTTC（Fiber To The Curb）
 - 光纤到大楼 FTTB（Fiber To The Building）
 - 光纤到办公室 FTTO（Fiber To The Office）
 - 光纤到楼层 FTTF（Fiber To The Floor）
 - 光纤到小区 FTTZ（Fiber To The Zone）
 - 光纤到桌面 FTTD（Fiber To The Desk）



3.1	物理层概述
3.2	物理层的接口特性
3.3	数字传输系统
3.4	宽带接入技术