



第 2 章 物理层



第 2 章 物理层

2.1 物理层的基本概念

2.2 数据通信的基础知识

2.3 物理层下面的传输媒体

2.4 信道复用技术

2.5 数字传输系统

2.6 宽带接入技术



2.1 物理层的基本概念

- 物理层考虑的是怎样才能在连接各种计算机的传输媒体上传输数据比特流，而不是指具体的传输媒体。
- 物理层的作用是要尽可能地屏蔽掉不同传输媒体和通信手段的差异。



2.1 物理层的基本概念

物理层的**主要任务**描述为确定与传输媒体的接口的一些特性，即：

- **机械特性** 指明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等等。
- **电气特性** 指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。



2.1 物理层的基本概念

- **功能特性** 指明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义。
- **过程特性** 指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

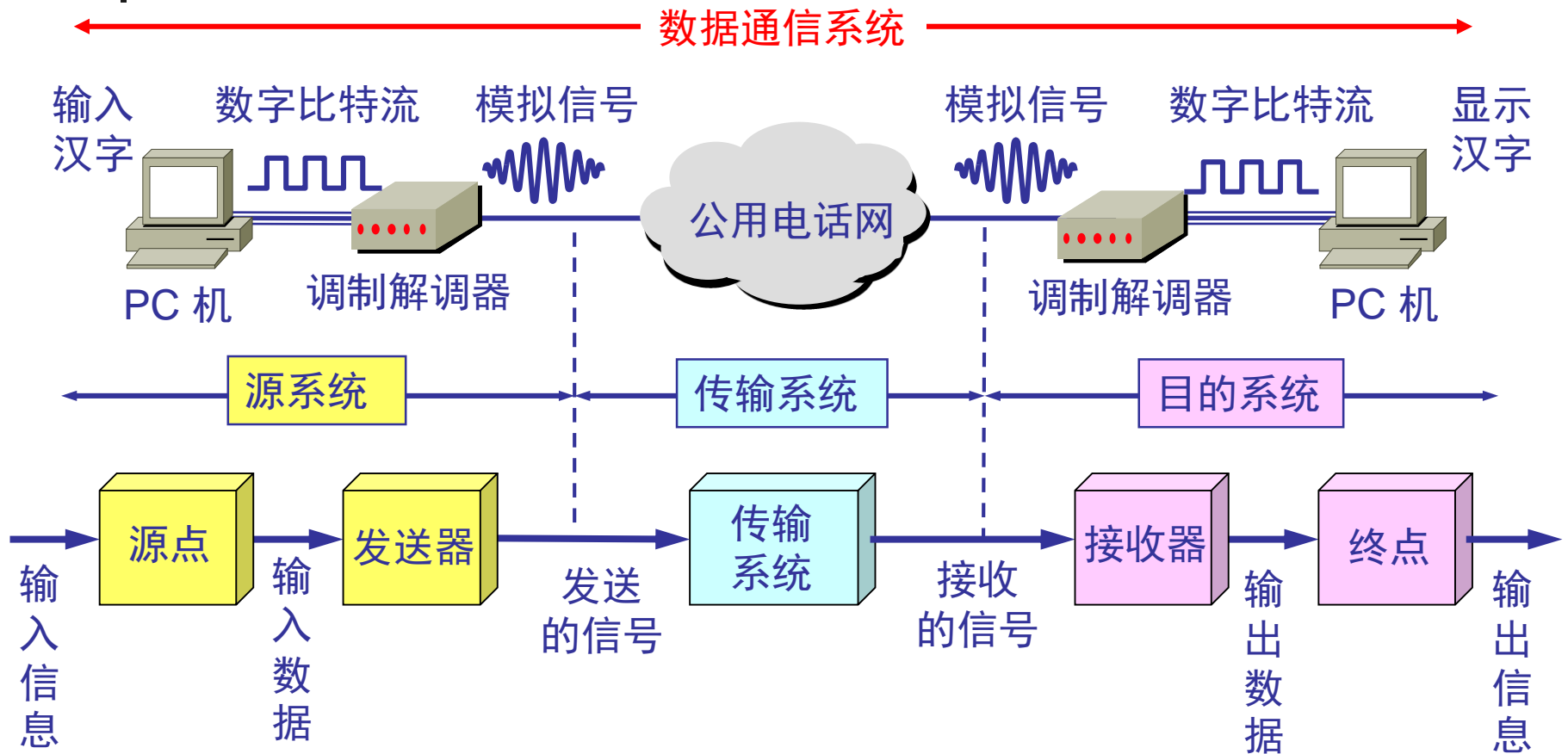
物理层任务举例

- EIA-232-D接口用来将MODEM与计算机主机相联,共计25(或9)个引脚,有规定的尺寸.
- 25针的电压范围-12~+12v
- -12v表示1,+12v表示0
- RTS变高,CTS允许发送,TD引脚发送.



2.2 数据通信的基础知识

2.2.1 数据通信系统的模型



常用术语



**110010
010011
001111
010110
110011
10.....**

- 消息：如话音、文字、图像、视频等。
- 数据 (data)：运送消息的实体。有意义的符号序列。



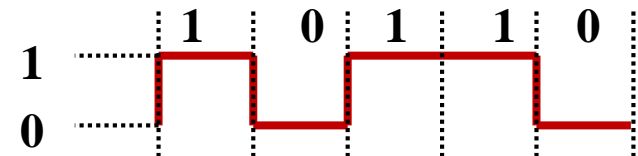
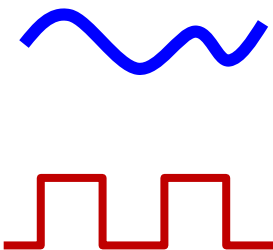
常用术语

- 信号(signal)——数据的电气的或电磁的表现。

- 模拟信号：代表消息的参数的取值是连续的。
- 数字信号：代表消息的参数的取值是离散的。

- 码元(code)——在使用时间域的波形表示数字信号时，代表不同离散数值的基本波形。

- 使用二进制编码时，只有两种不同的码元：0 状态，1 状态。





2.2.2 有关信号的几个基本概念

- **单向通信**（单工通信）——只能有一个方向的通信而没有反方向的交互。
- **双向交替通信**（半双工通信）——通信的双方都可以发送信息，但不能双方同时发送(当然也就不能同时接收)。
- **双向同时通信**（全双工通信）——通信的双方可以同时发送和接收信息。



2.2.2 有关信号的几个基本概念

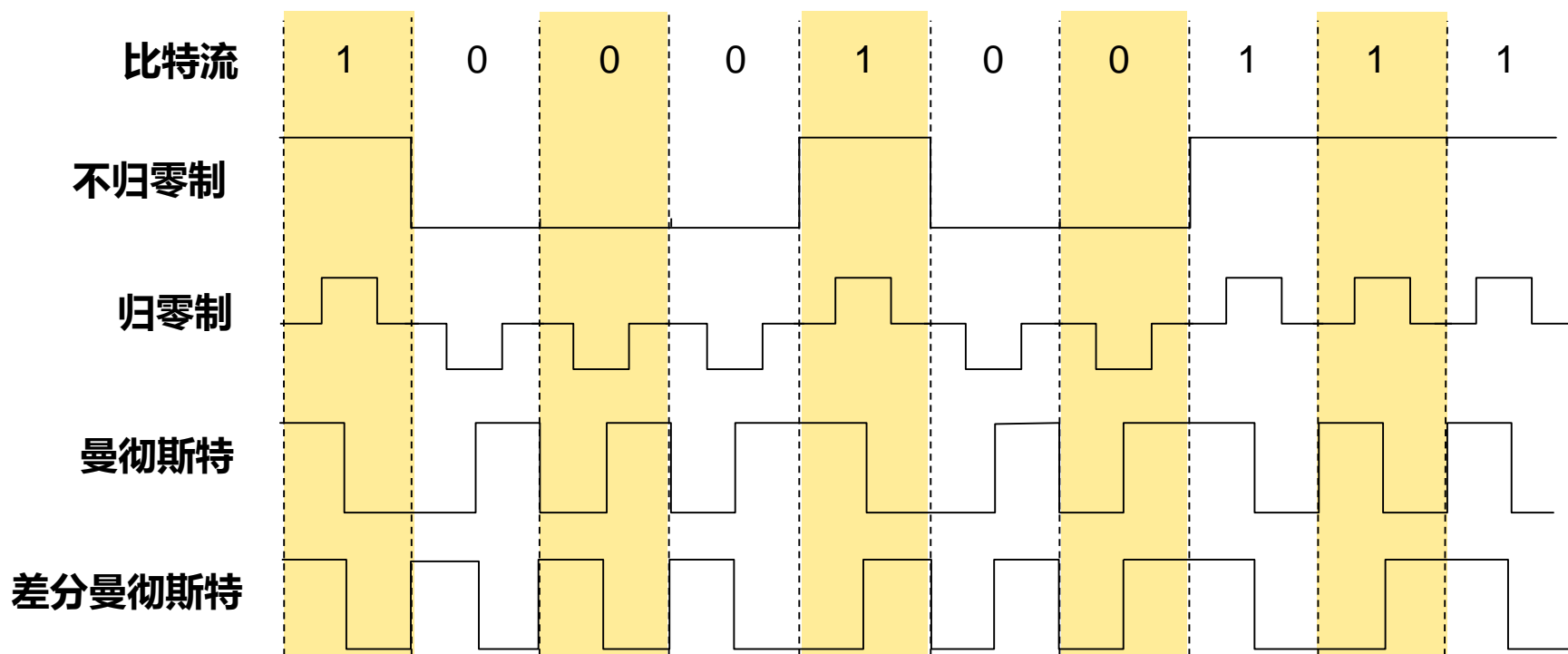
- **基带信号**（即基本频带信号）：来自信源的信号，包含有较多的低频成分，甚至有直流成分。
- **基带调制**：仅对基带信号的波形进行变换，把数字信号转换为另一种形式的数字信号。把这种过程称为**编码** (coding)。
- **带通调制**：使用载波 (carrier) 进行调制，把基带信号的频率范围搬移到较高的频段，并转换为模拟信号。经过载波调制后的信号称为带通信号（即仅在一段频率范围内能够通过信道）。



数学信号常用编码方式

- 不归零制：正电平代表 1，负电平代表 0。
- 归零制：正脉冲代表 1，负脉冲代表 0。
- 曼彻斯特编码：位周期中心的向上跳变代表 0，位周期中心的向下跳变代表 1。但也可反过来定义。
- 差分曼彻斯特编码：在每一位的中心处始终都有跳变。位开始边界有跳变代表 0，而位开始边界没有跳变代表 1。

数字信号常用的编码方式

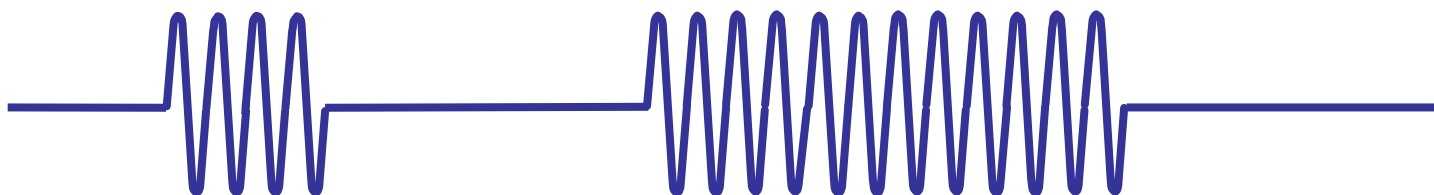


基本的带通调制方法

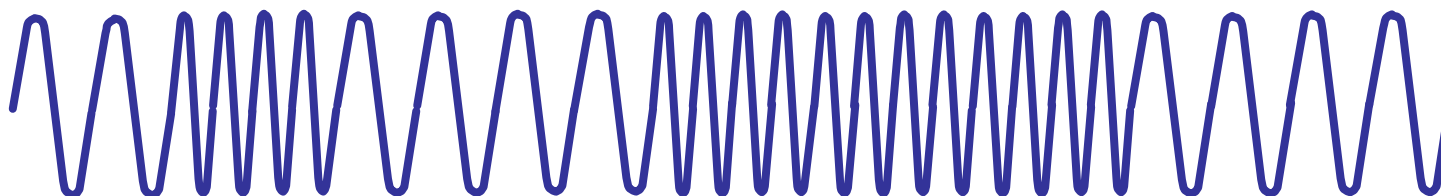
基带信号



调幅



调频



调相





2.2.3 信道的极限容量

- 任何实际的信道都不是理想的，在传输信号时会产生各种失真以及带来多种干扰。
- 码元传输的速率越高，或信号传输的距离越远，在信道的输出端的波形的失真就越严重。

数字信号通过实际的信道

■ 有失真，但可识别



■ 失真大，无法识别





(1) 信道能够通过频率范围

- 具体信道所能通过的频率范围总是有限的。
- 信号中的许多高频分量往往不能通过信道。
- 码间串扰：接收端收到的信号波形失去了码元之间的清晰界限。
- 奈氏准则：码元传输的最高速率 = $2W$ （码元/秒）
- 在带宽为 W (Hz) 的低通信道中，若不考虑噪声影响，则码元传输的最高速率是 $2W$ (码元/秒)。



信噪比

- **信噪比**就是信号的平均功率和噪声的平均功率之比。常记为 S/N ，并用分贝 (dB) 作为度量单位。即：
$$\text{信噪比(dB)} = 10 \log_{10}(S/N) \quad (\text{dB})$$
- 例如，当 $S/N = 10$ 时，信噪比为 10 dB，而当 $S/N = 1000$ 时，信噪比为 30 dB。



香农公式

- 信道的极限信息传输速率 C 可表达为
- $C = W \log_2(1+S/N)$ b/s
 - W 为信道的带宽（以 Hz 为单位）；
 - S 为信道内所传信号的平均功率；
 - N 为信道内部的高斯噪声功率。



香农公式

- 信道的带宽或信道中的信噪比越大，则信息的极限传输速率就越高。
- 只要信息传输速率低于信道的极限信息传输速率，就一定可以找到某种办法来实现无差错的传输。

提高信息的传输速率的方法

- 用编码的方法让每一个码元携带更多比特的信息量。

例：

基带信号 $M = 101011000110111010.....$ -----> **1 bit/码元**

将信号中的每 3 个比特编为 1 组：

101 011 000 110 111 010

$M1 = \varphi_5 \ \varphi_3 \ \varphi_0 \ \varphi_6 \ \varphi_7 \ \varphi_2$ -----> **3 bit/码元**

若以同样的速率发送码元，则同样时间所传送的信息量就提高到了 3 倍。



奈氏准则和香农公式的意义不同

- 奈氏准则：激励工程人员不断探索更加先进的编码技术，使每一个码元携带更多比特的信息量。
- 香农公式：告诫工程人员，在实际有噪声的信道上，不论采用多么复杂的编码技术，都不可能突破信息传输速率的绝对极限。

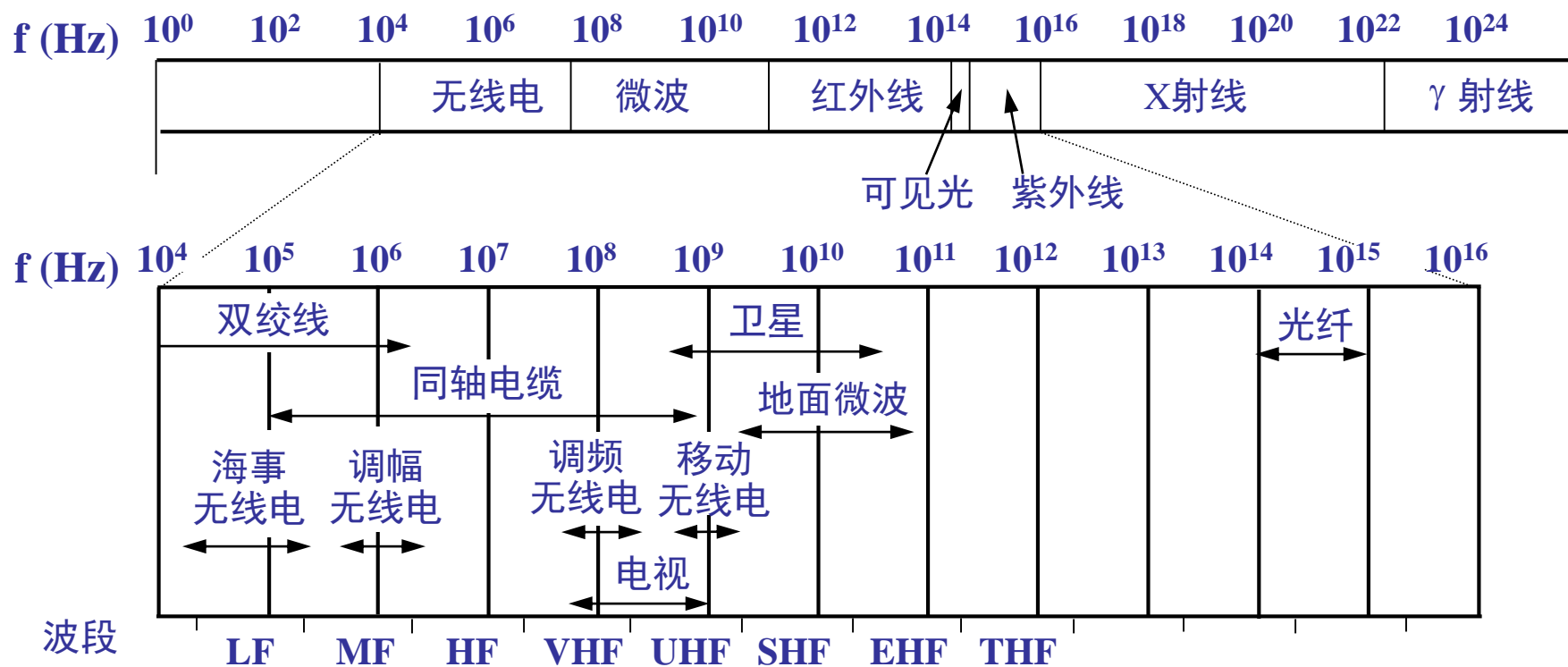


2.3 物理层下面的传输媒体

- 传输媒体:指数据通信的物理线路。
- 传输媒体分为两类:
 - 导引型传输媒体
 - 非导引型传输媒体

2.3 物理层下面的传输媒体

电信领域使用的电磁波的频谱





2.3.1 导引型传输媒体

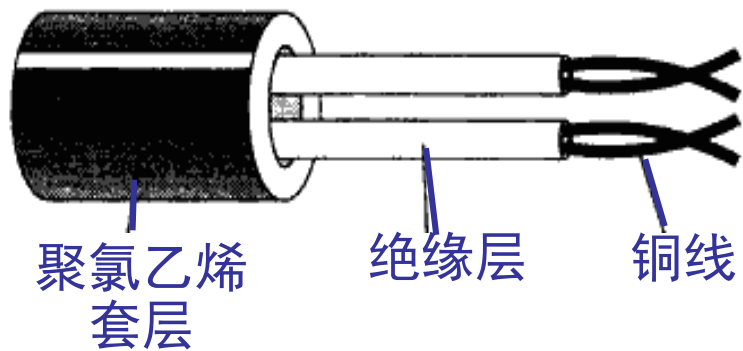
- 双绞线
- 同轴电缆
- 光缆



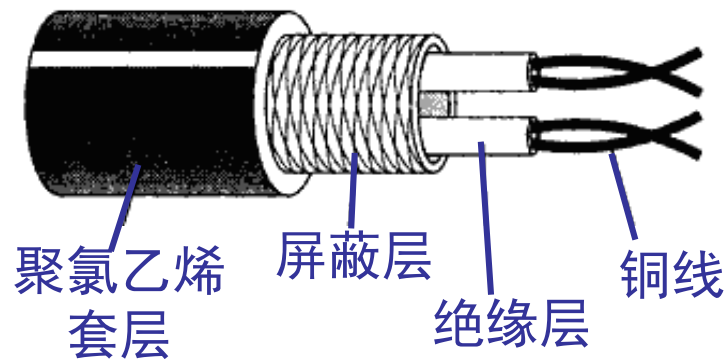
双绞线

- 把两根互相绝缘的铜导线并排放在一起，然后用规则的方法绞合(twist)起来就构成了双绞线。
- 双绞线分类：
 - 无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair) :3类和5类
 - 屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)

无屏蔽双绞线 UTP



屏蔽双绞线 STP



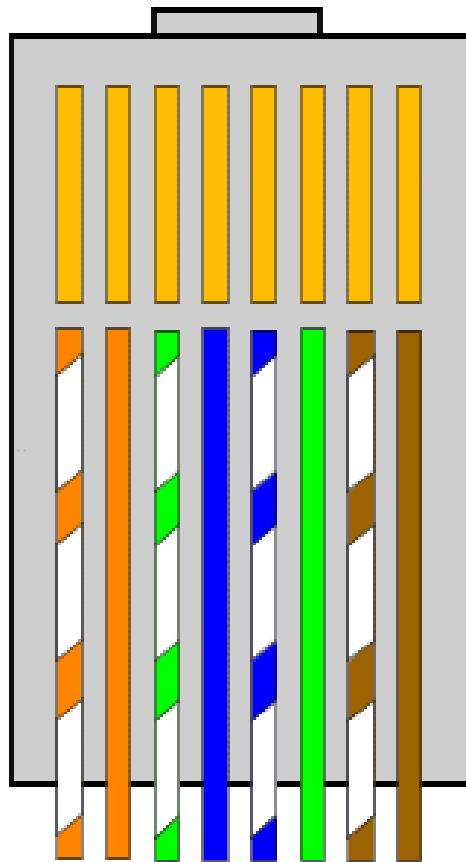
3 类线



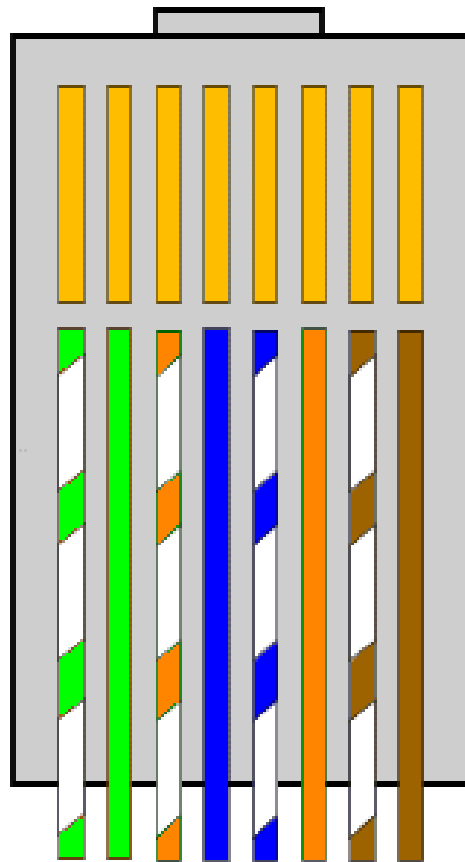
5 类线



T
5
6
8
B



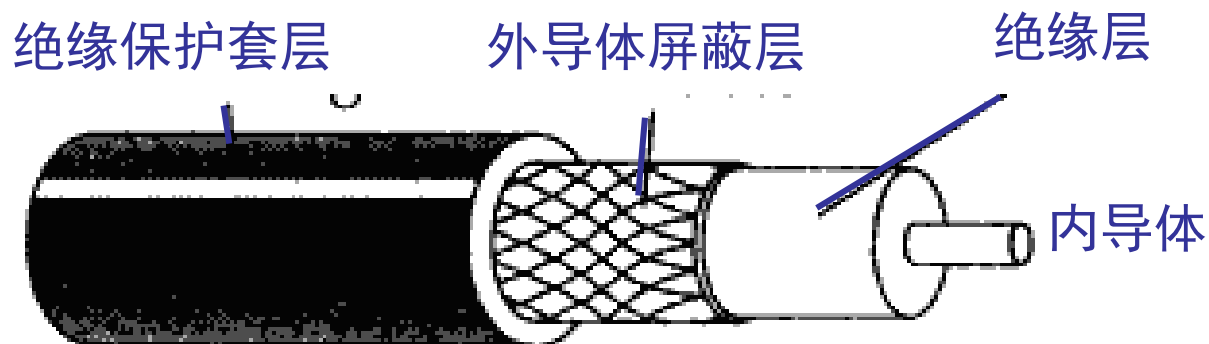
T
5
6
8
A



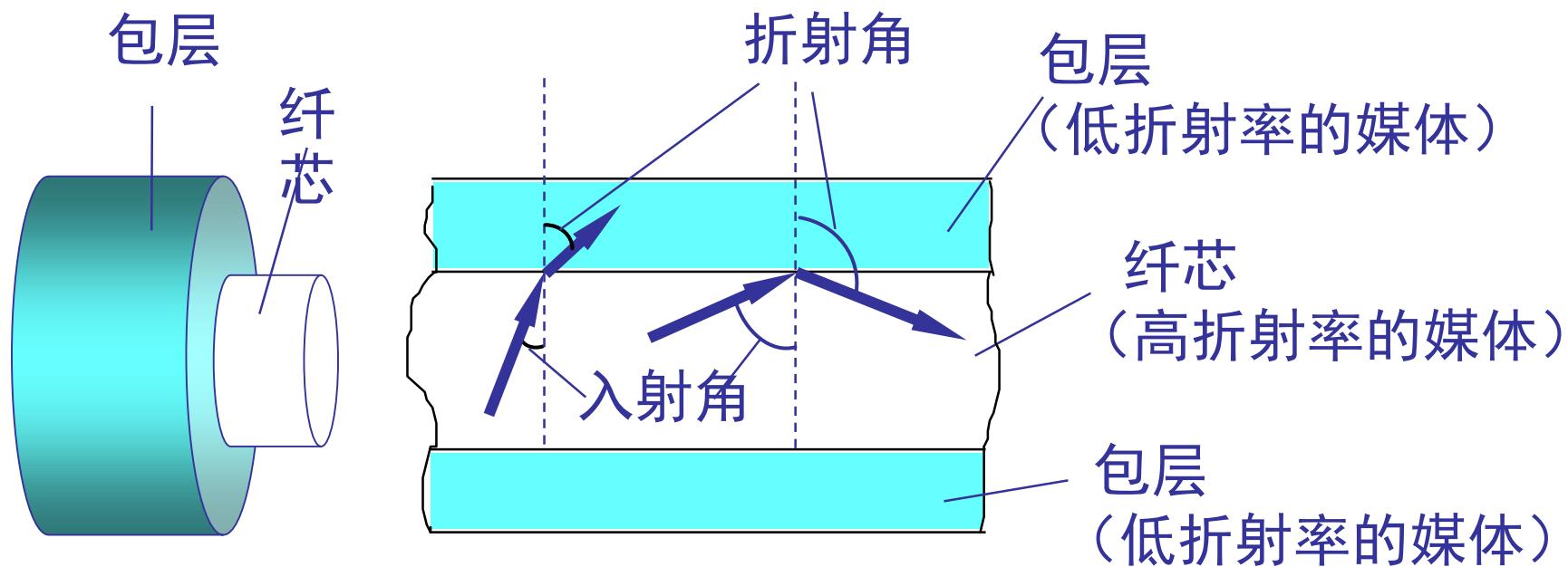
同轴电缆

- 同轴电缆：主要用于有线电视网的居民小区。

同轴电缆

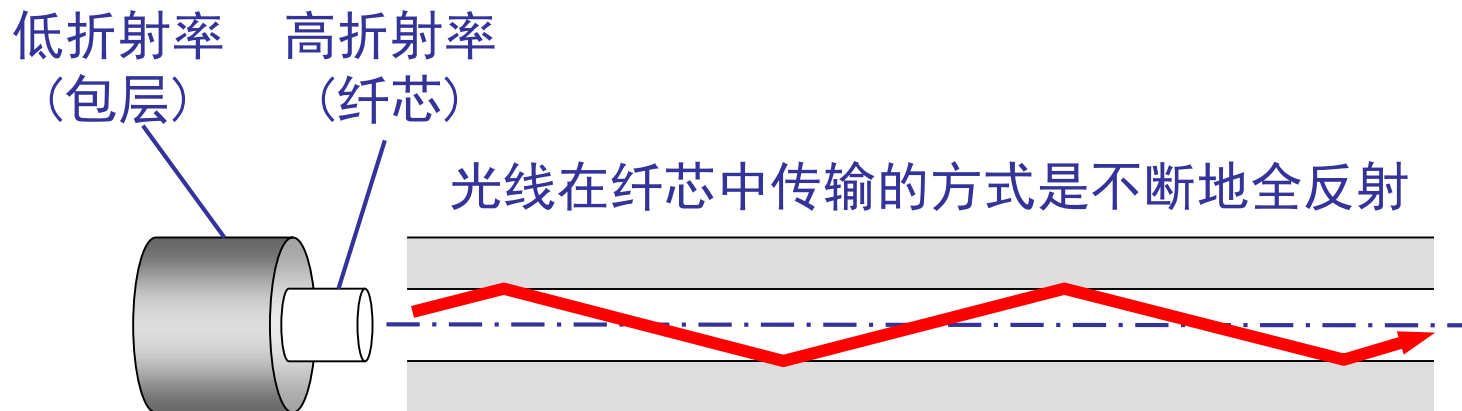


光纤



光线在光纤中的折射

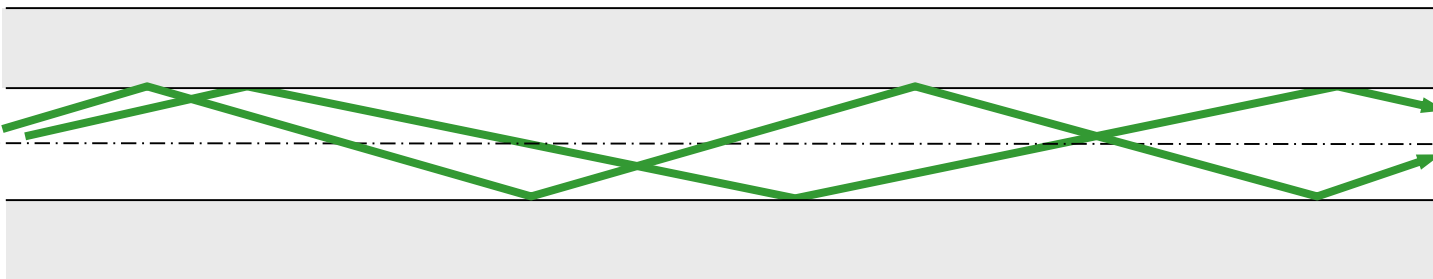
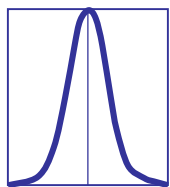
光纤的工作原理



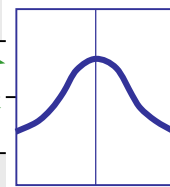
多模光纤与单模光纤

多模光纤

输入脉冲

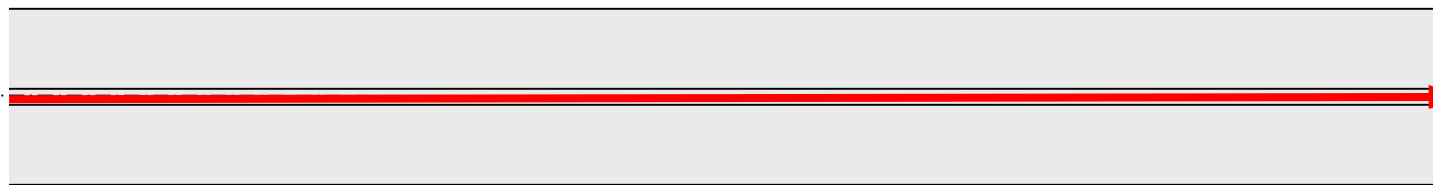
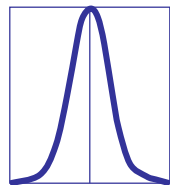


输出脉冲

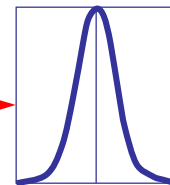


单模光纤

输入脉冲



输出脉冲





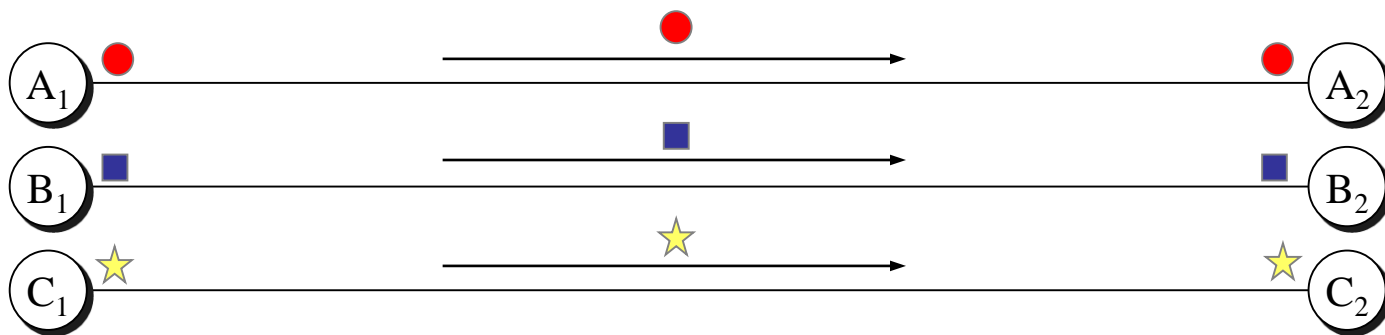
2.3.2 非导引型传输媒体

- 无线传输所使用的频段很广。
- 短波通信主要是靠电离层的反射，短波信道的通信质量较差。
- 微波在空间主要是直线传播。
 - 地面微波接力通信
 - 卫星通信

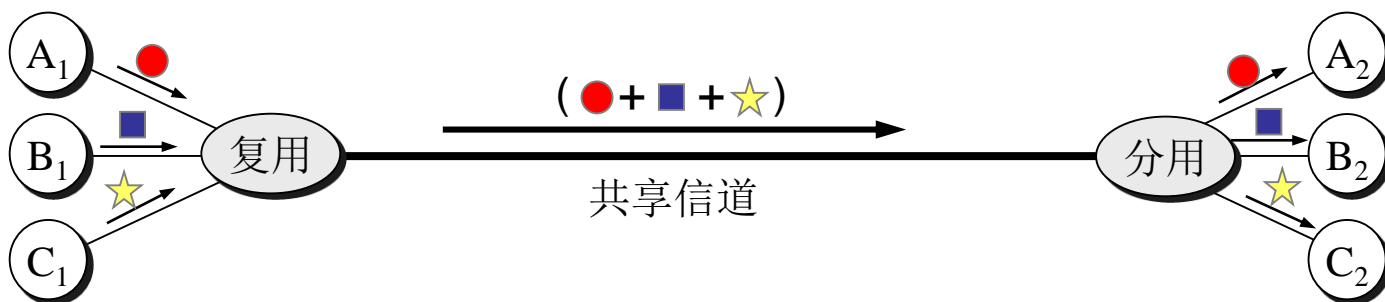
2.4 信道复用技术

2.4.1 频分复用、时分复用和统计时分复用

- **复用**(multiplexing)是通信技术中的基本概念。



(a) 使用单独的信道

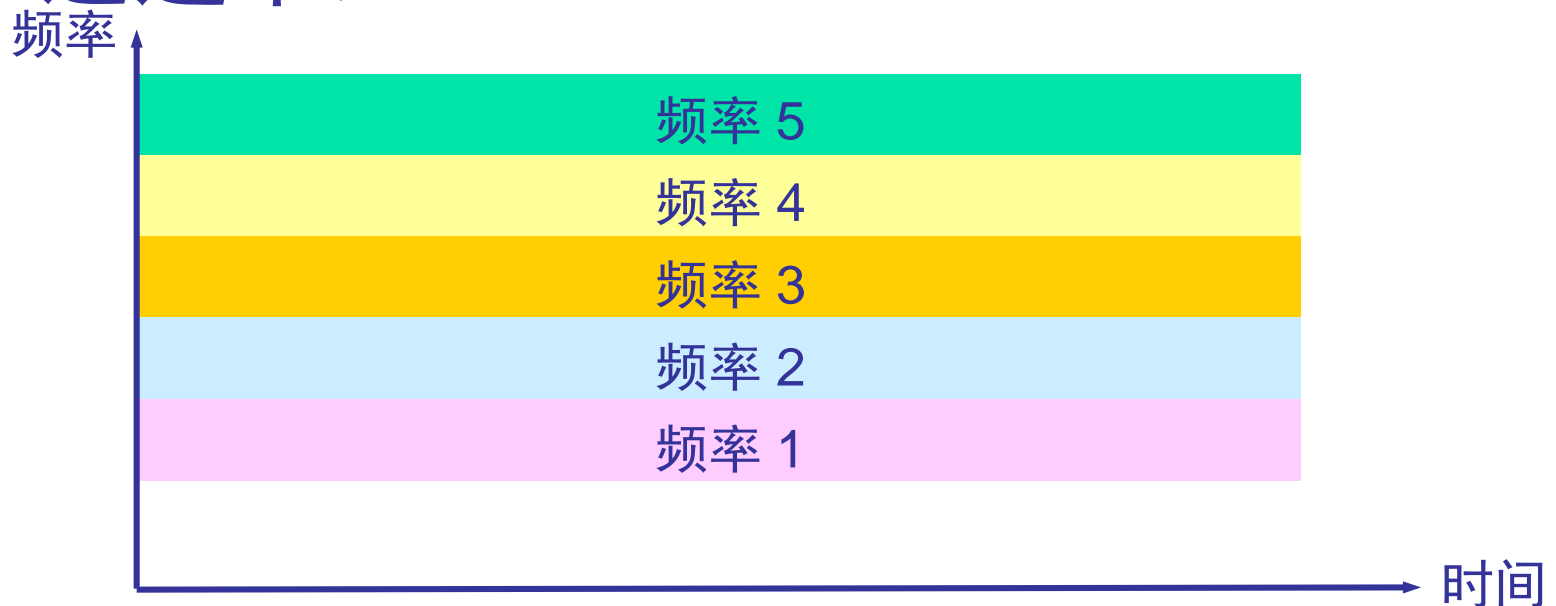


(b) 使用共享信道

频分复用 FDM

(Frequency Division Multiplexing)

- **频分复用**的所有用户在同样的时间占用不同的带宽资源（请注意，这里的“带宽”是频率带宽而不是数据的发送速率）。

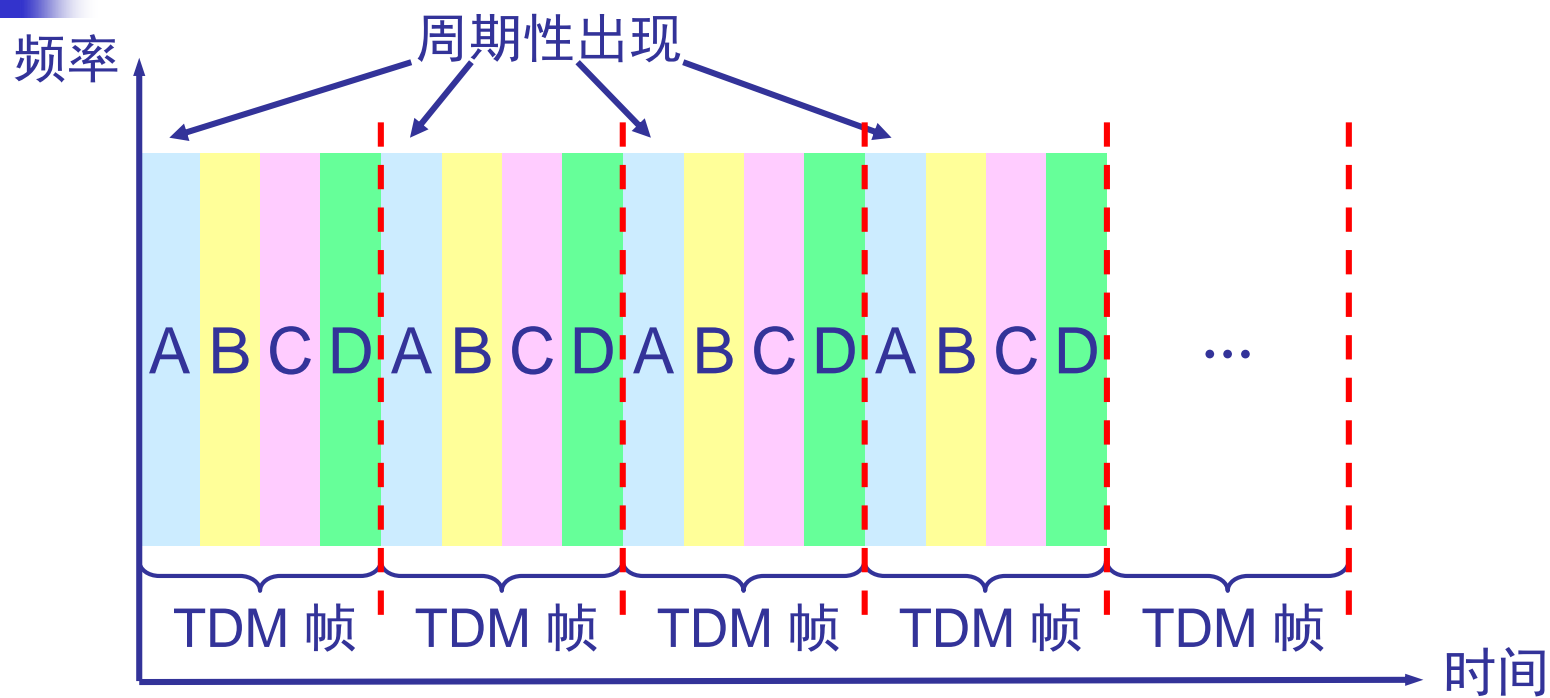




时分复用TDM (Time Division Multiplexing)

- 时分复用则是将时间划分为一段段等长的时分复用帧（TDM 帧）。每一个时分复用的用户在每一个 TDM 帧中占用固定序号的时隙。
- 每一个用户所占用的时隙是周期性地出现（其周期就是 TDM 帧的长度）。

时分复用



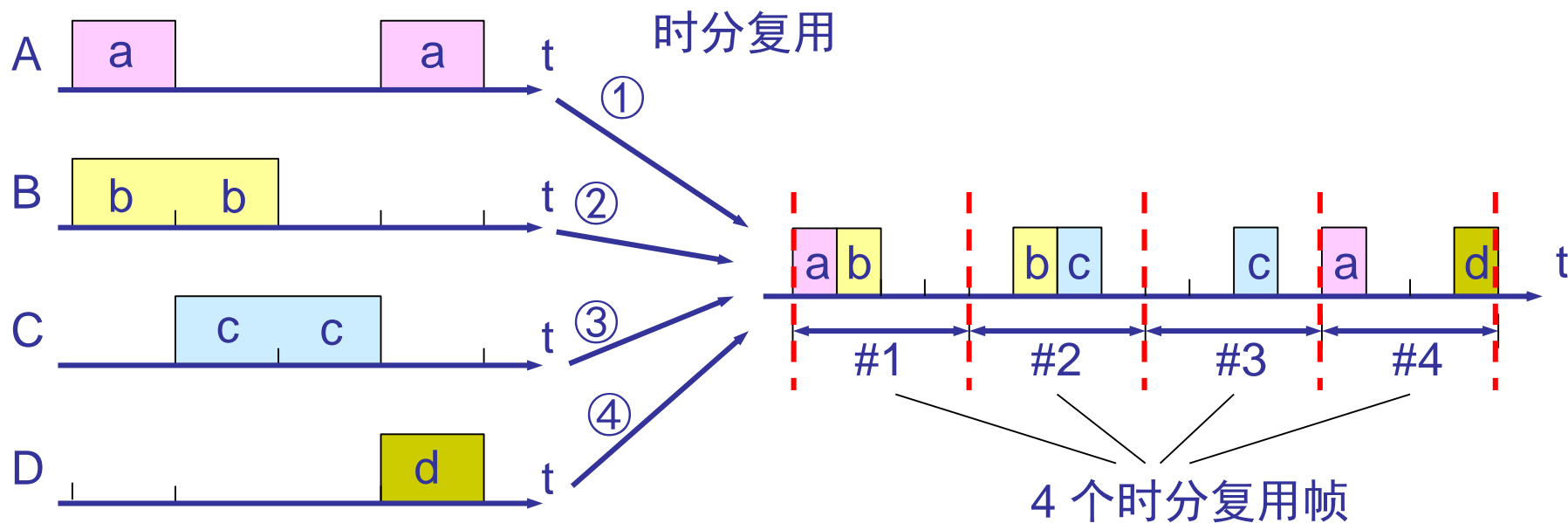


时分复用的缺点

- 使用时分复用系统传送计算机数据时，由于计算机数据的突发性质，用户对分配到的子信道的利用率一般是不高的。可能会造成线路资源的浪费。

时分复用的缺点

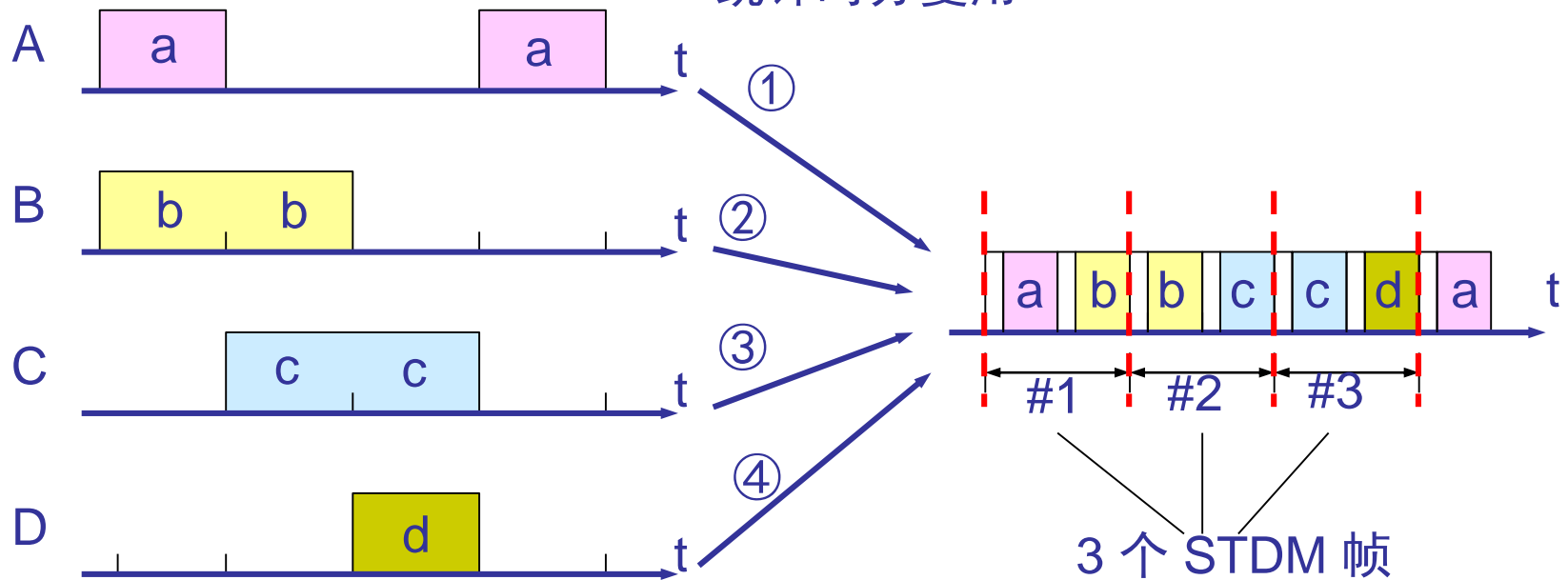
用户



统计时分复用 STDM (Statistic TDM)

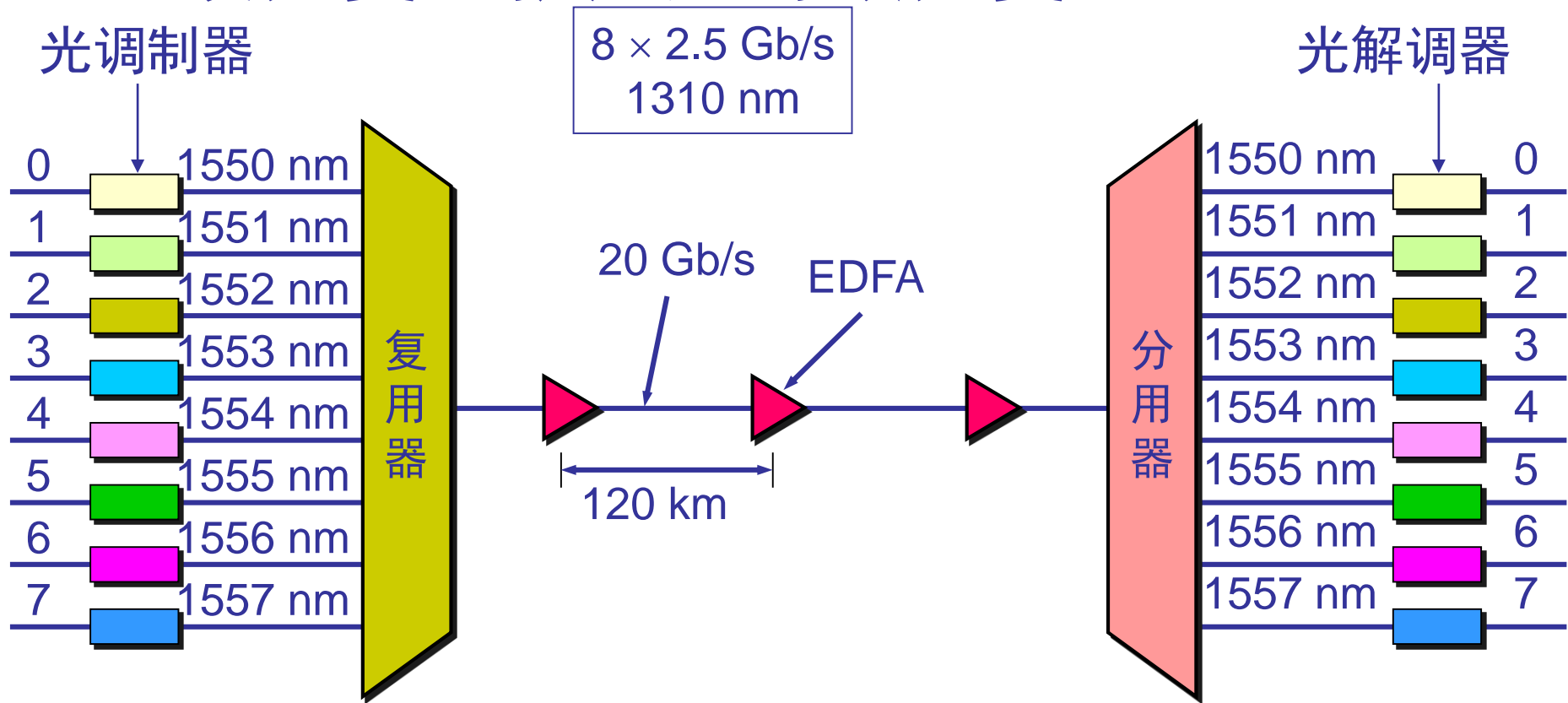
用户

统计时分复用



2.4.2 波分复用 WDM (Wavelength Division Multiplexing)

- 波分复用就是光的频分复用。





2.5 数字传输系统

- 早期，电话网长途干线采用频分复用 FDM 的模拟传输方式。目前，大都采用时分复用 PCM 的数字传输方式。
- 现代电信网业务括话音、视频、图像和各种数据业务。因此需要一种能承载来自其他各种业务网络数据的传输网络。
- 在数字化的同时，光纤开始成为长途干线最主要的传输媒体。



旧的数字传输系统的缺点

- 速率标准不统一。

- 如果不对高次群的数字传输速率进行标准化，国际范围的高速数据传输就很难实现。

- 不是同步传输。

- 在过去相当长的时间，为了节约经费，各国的数字网主要是采用准同步方式。

同步光纤网 SONET

(Synchronous Optical Network)

- SONET (美国标准)的各级时钟都来自一个非常精确的主时钟。
- 第 1 级同步传送信号 STS-1 (Synchronous Transport Signal)的传输速率是 51.84 Mb/s。
- 光信号则称为第 1 级光载波 OC-1, OC 表示Optical Carrier。

同步数字系列 SDH

(Synchronous Digital Hierarchy)

- ITU-T 以美国标准 SONET 为基础，制订出国际标准**同步数字系列** SDH。
- 一般可认为 SDH 与 SONET 是同义词。
- SDH 的基本速率为 155.52 Mb/s，称为第 1 级**同步传递模块** (Synchronous Transfer Module)，即 STM-1，相当于 SONET 体系中的 OC-3 速率。

2.6 宽带接入技术

2.6.1 ADSL技术

- 非对称用户线ADSL 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。
- 虽然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

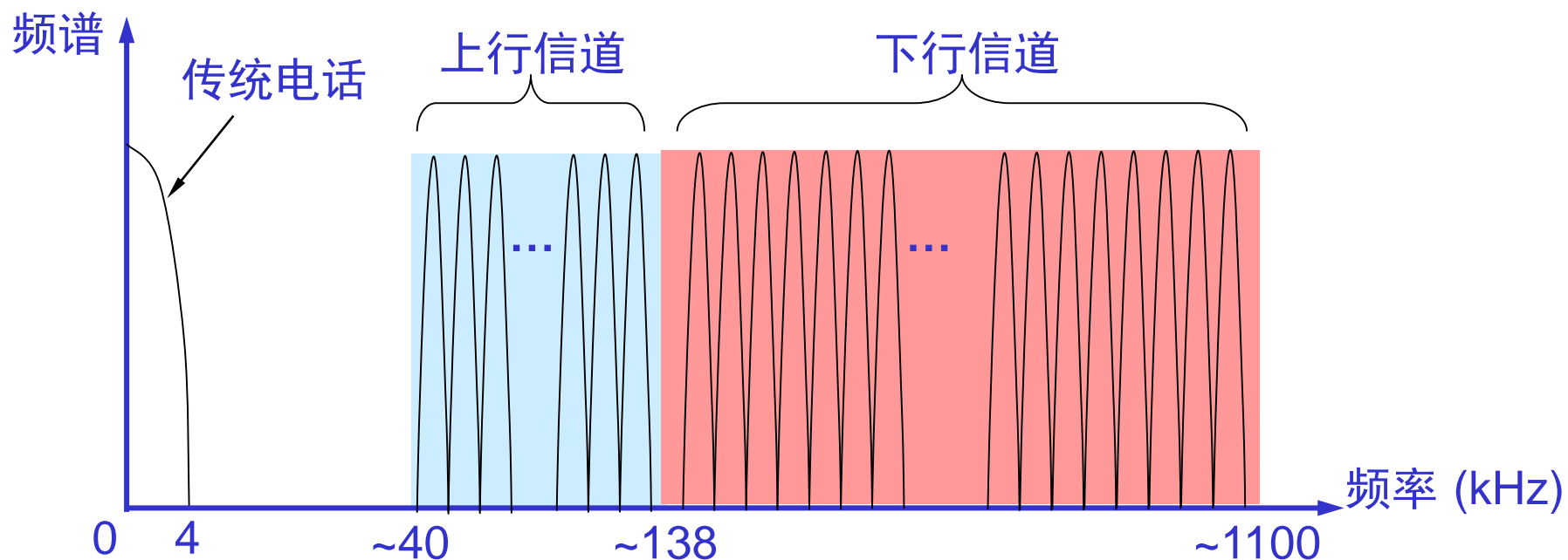
- ADSL 技术就把 0~4 kHz 低端频谱留给传统电话使用，而把原来没有被利用的高端频谱留给用户上网使用。
- DSL 就是数字用户线(Digital Subscriber Line)的缩写。而 DSL 的前缀 x 则表示在数字用户线上实现的不同宽带方案。



ADSL 的特点

- 上行和下行带宽做成不对称的。
- 上行指从用户到 ISP，而下行指从 ISP 到用户。
- ADSL 在用户线（铜线）的两端各安装一个 ADSL 调制解调器。
- 我国目前采用的方案是离散多音调 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 技术的频谱分布

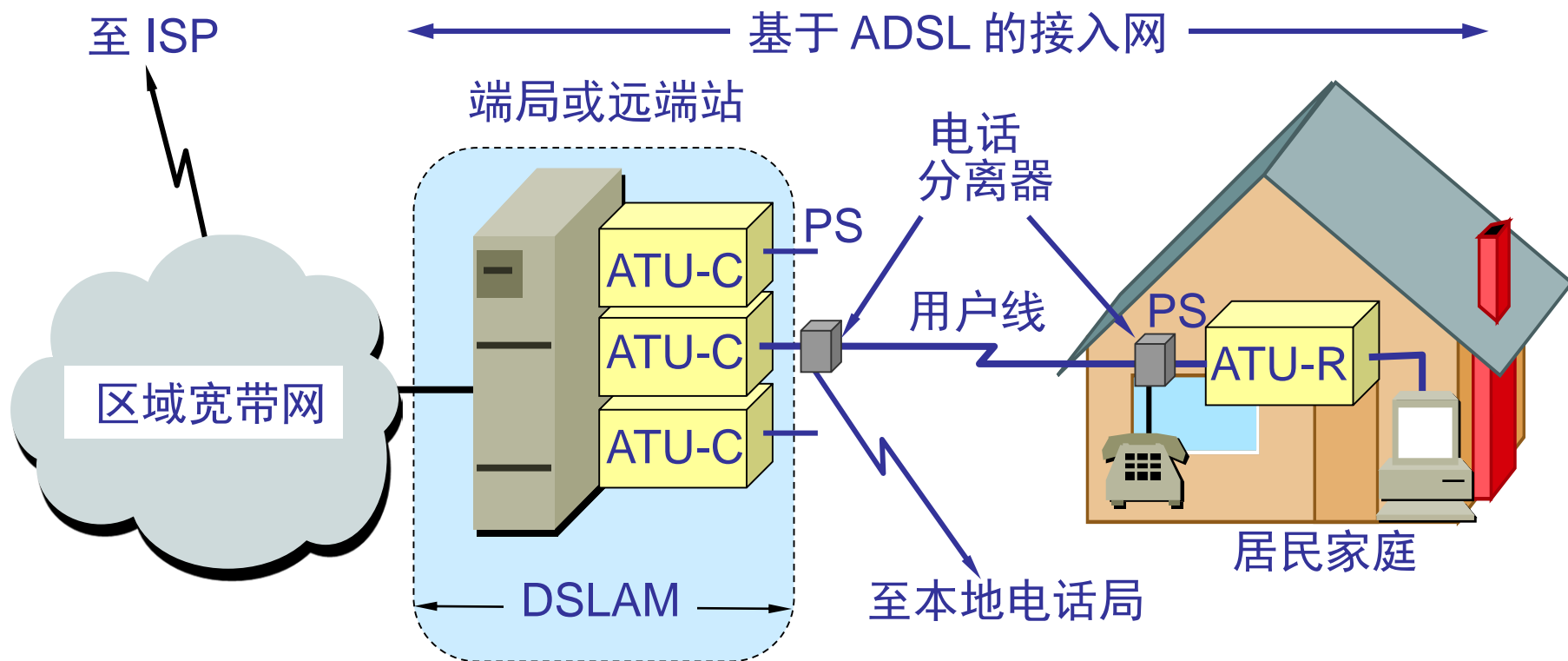




ADSL 的数据率

- 由于用户线的具体条件往往相差很大（距离、线径、受到相邻用户线的干扰程度等都不同），因此 ADSL 采用自适应调制技术使用户线能够传送尽可能高的数据率。
- ADSL 不能保证固定的数据率。对于质量很差的用户线甚至无法开通 ADSL。

ADSL 的组成



数字用户线接入复用器 DSLAM (DSL Access Multiplexer)
接入端接单元 ATU (Access Termination Unit)
ATU-C (C 代表端局 Central Office)
ATU-R (R 代表远端 Remote)
电话分离器 PS (POTS Splitter)

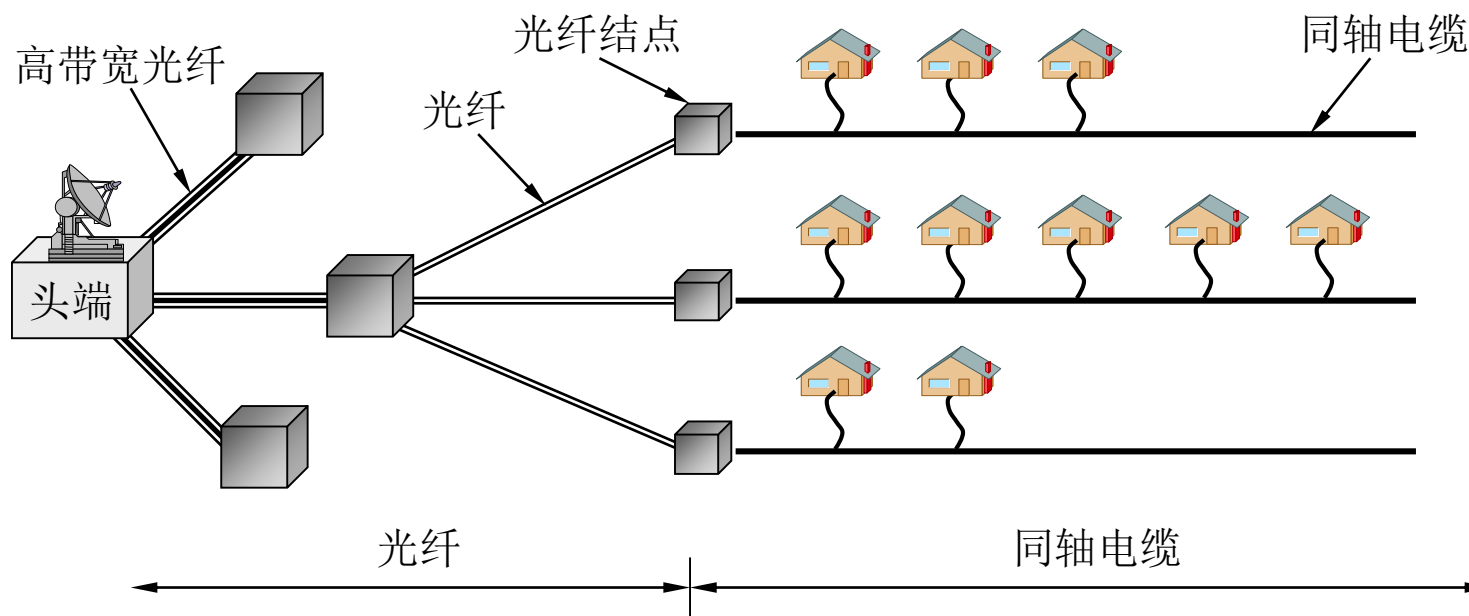


2.6.2 光纤同轴混合网

HFC (Hybrid Fiber Coax)

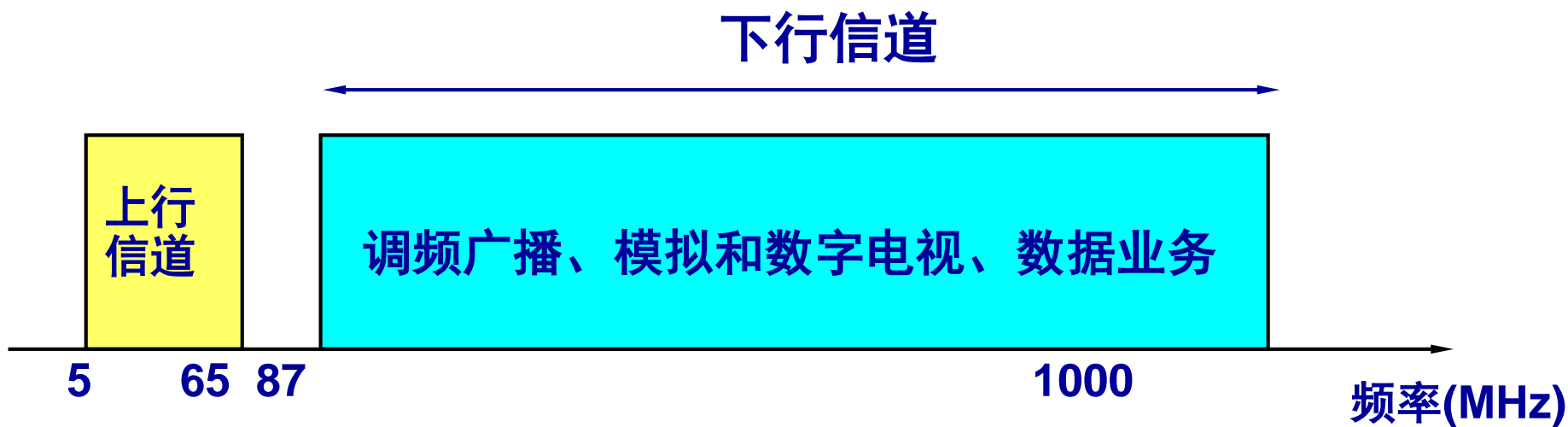
- HFC 网是在目前覆盖面很广的有线电视网 CATV 的基础上开发的一种居民宽带接入网。
- HFC 网除可传送 CATV 外，还提供电话、数据和其他宽带交互型业务。
- 现有的 CATV 网是树形拓扑结构的同轴电缆网络，它采用模拟技术的频分复用对电视节目进行单向传输。而 HFC 网则需要对 CATV 网进行改造，

HFC 结构图



我国的HFC 频谱

- HFC 网具有比 CATV 网更宽的频谱，且具有双向传输功能



我国的 HFC 网的频谱划分



机顶盒与电缆调制解调器

- 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（cable modem）：
 - 将用户计算机接入互联网。
 - 不需要成对使用，而只需安装在用户端。
 - 复杂，必须解决共享信道中可能出现的冲突问题。



2.6.3 FTTx 技术

- FTTx（光纤到……）也是一种实现宽带居民接入网的方案。这里字母 x 可代表不同意思。
- **光纤到家** FTTH (Fiber To The Home): 光纤一直铺设到用户家庭可能是居民接入网最后的解决方法。
- **光纤到大楼** FTTB (Fiber To The Building): 光纤进入大楼后就转换为电信号，然后用电缆或双绞线分配到各用户。
- **光纤到路边** FTTC (Fiber To The Curb): 从路边到各用户可使用星形结构双绞线作为传输媒体。



课后作业

- 习题：2-01,2-04,2-05, 2-07,2-09, 2-13, 2-14, 2-17
- 学习分组嗅探器Wireshark的使用。