

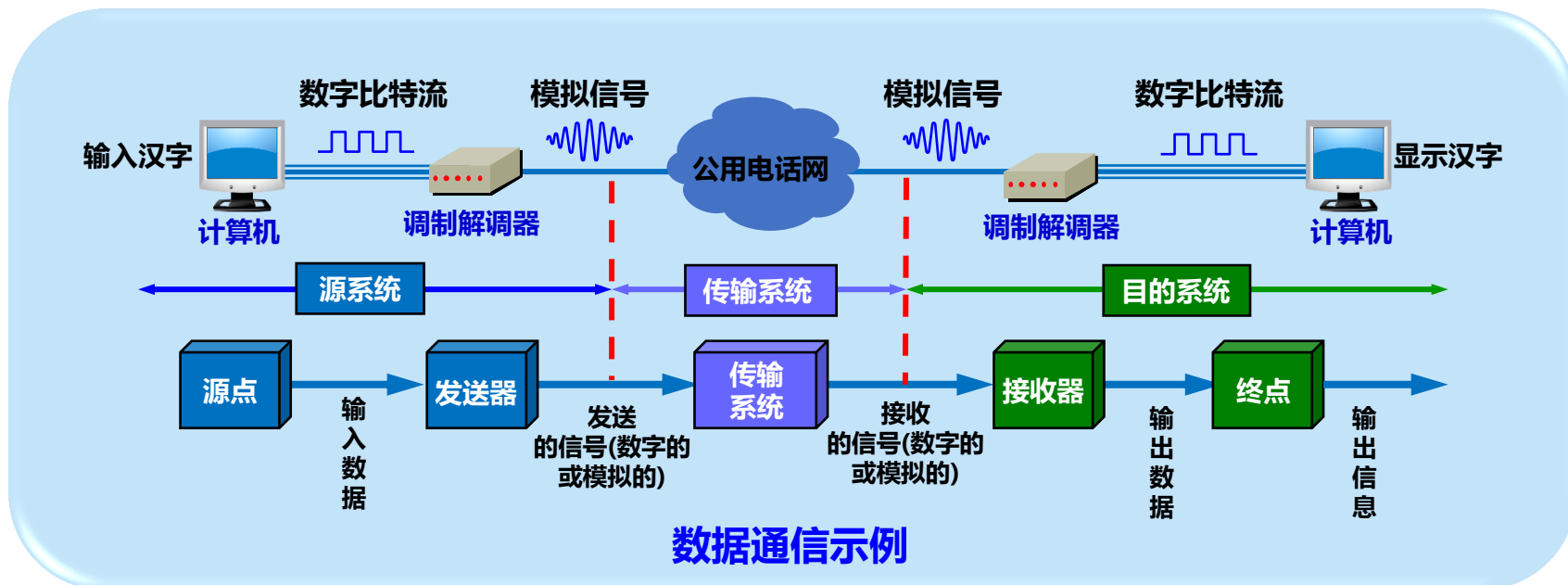


计算机与通信工程学院
School of Computer & Communication Engineering

第2章 数据通信基础知识



2.1	数据通信的几个重要概念及理论
2.2	传输媒介
2.3	数据编码与传输
2.4	信道复用技术
2.5	数据交换技术



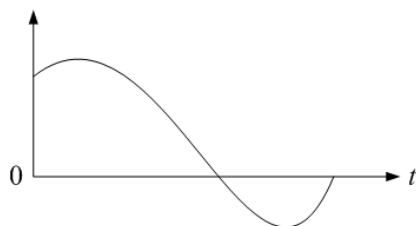
消息

信号

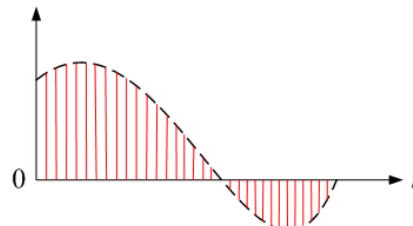


消息、信息、信号与数据

- **消息**：数据通信系统要传输的对象。
 - 连续消息：声音、温度
 - 离散消息：文字、数据、符号，等等
- **信号**：消息的电/光表示形式，消息的物质/传输载体。
 - 模拟信号：承载消息的信号参量的取值是连续的。
 - 数字信号：承载消息的信号参量的取值是离散的。

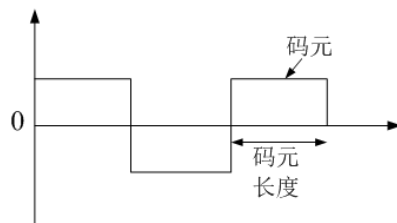


(a) 温度信号

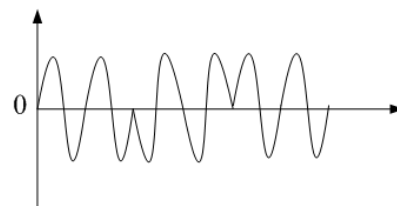


(b) 抽样信号

模拟信号



(c) 二电平信号



(d) 二相位信号

数字信号

消息、信息、信号与数据

- **信息**：消息中蕴含的有价值的内容。

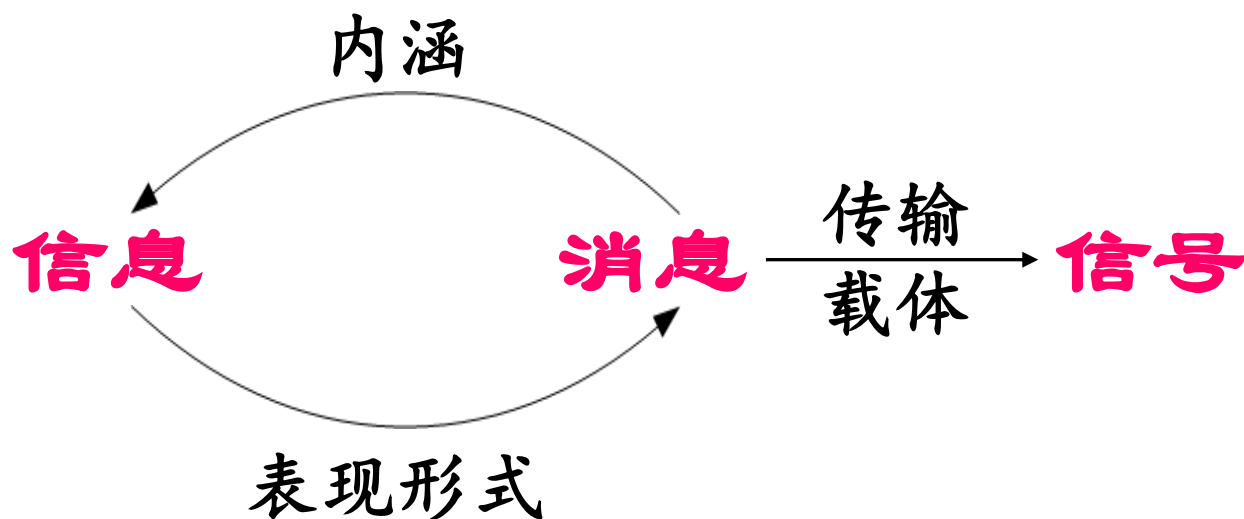
信息的量值与消息所代表事件的随机性或事件发生的概率有关。把度量信息大小的物理量称为**信息量**。

假设信源发出的消息 (m_k) 所代表的事件出现的概率为 P_k ，则消息所含有的信息量 $I(m_k)$ 为

$$I(m_k) = \log_a \left(\frac{1}{P_k} \right) = -\log_a P_k$$

- ◆ $a=2$ ，信息量的单位叫比特 (bit)。
- ◆ $a=e$ ，信息量的单位叫奈特 (nat)。
- ◆ $a=10$ ，信息量的单位叫哈特莱 (Hartley)。

消息、信息、信号与数据



- **数据**：一般认为是预先约定的具有某种含义的数字信号的组合，如数字、字母和符号等。用数据表示信息的内容是十分广泛的，如电子邮件、文本文件、电子表格、数据库文件、图形和二进制可执行程序等。数据是信息的一种表现形式，是传递某种信息的实体。

信道的极限容量

● 传输

➤ 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，而且在信道中也会存在各种干扰和噪声。

- 随机噪声  随机差错

热噪声、传输媒介引起的噪声等。

- 脉冲噪声  突发差错

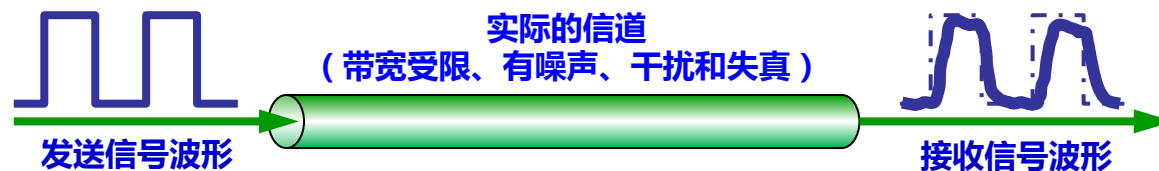
突然发生的噪声，包括雷电或开关引起的瞬态电信号变化等。

信道的极限容量

● 传输

- 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，而且在信道中也会存在各种干扰和噪声。
- 信号传输的速率越高，或信号传输的距离越远，或传输媒体质量越差，在信道的输出端的波形的失真就越严重。

有失真，但可识别



失真大，无法识别



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的现象。



信道的极限容量

- 信道带宽越宽（能通过的高频分量越多），可用更高的速率进行码元的传输而不出现码间串扰。
- 码元速率是有上限的，传输速率过限，会出现码间串扰。
- 奈奎斯特给出了码元传输速率的限制

1924年，奈奎斯特准则：在假定的理想低通信道条件（无噪声，带宽受限）下，为了避免码间串扰，码元传输速率的上限值（即理想条件下信道的极限容量）为

$$R_{\max} = 2W \text{ (码元/s 或 Baud)}$$

若码元状态数是 M ，则信道极限速率（信道容量）为

$$R_b = 2W \log_2 M \text{ (bit/s)}$$

对于理想带通信道，码元传输速率上限值为

$$R_{\max} = W$$

若码元状态数是 M ，则信道极限速率（信道容量）为

$$R_b = W \log_2 M \text{ (bit/s)}$$

其中： W 为信道带宽（单位是Hz）。



信道的极限容量

- 1948年，香农 (Shannon) 用信息论的理论推导出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限信息传输速率（香农公式）

$$C = W \log_2(1+S/N) \quad (\text{bit/s})$$

其中： W 为信道带宽（单位是 Hz）； 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。

- 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。
- 若信道带宽 W 和信噪比 S/N 没有上限，则信道的极限信息传输速率 C 也就没有上限。
- 实际信道上能够达到的信息传输速率要比香农的极限传输速率低不少。



提高信息传输速率的方法

- **前提**：对于频带宽度已确定的信道，如果信噪比不能再提高了，并且码元传输速率也达到了上限值
- **方法**：用编码的方法让每一个码元携带更多信息量。

例：

基带信号 $M = 101011000110111010\dots$ -----> 1 bit/码元

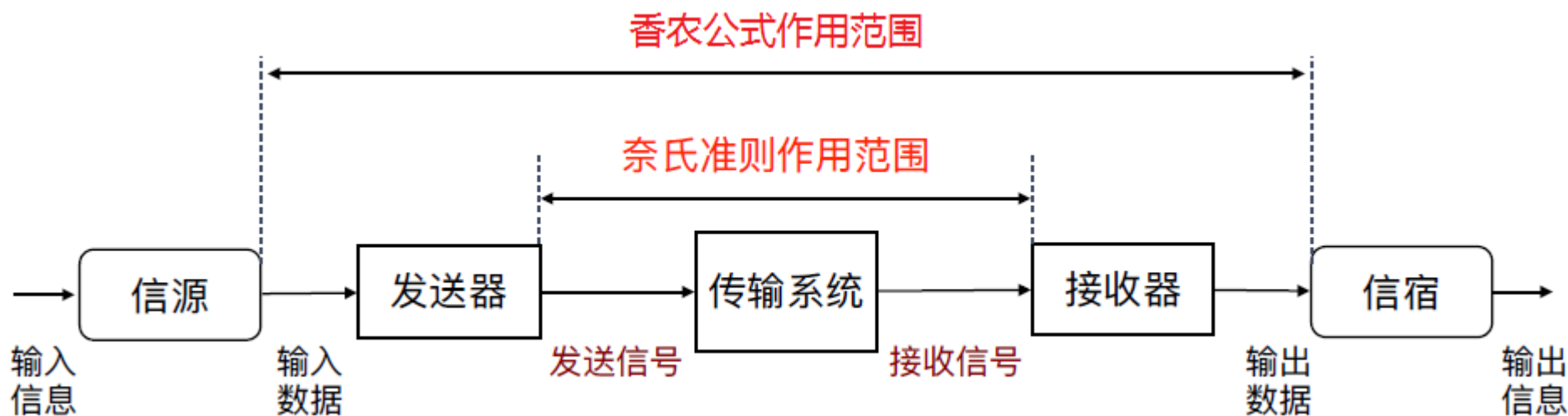
将信号中的每 3 个比特编为 1 组：

101 011 000 110 111 010

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

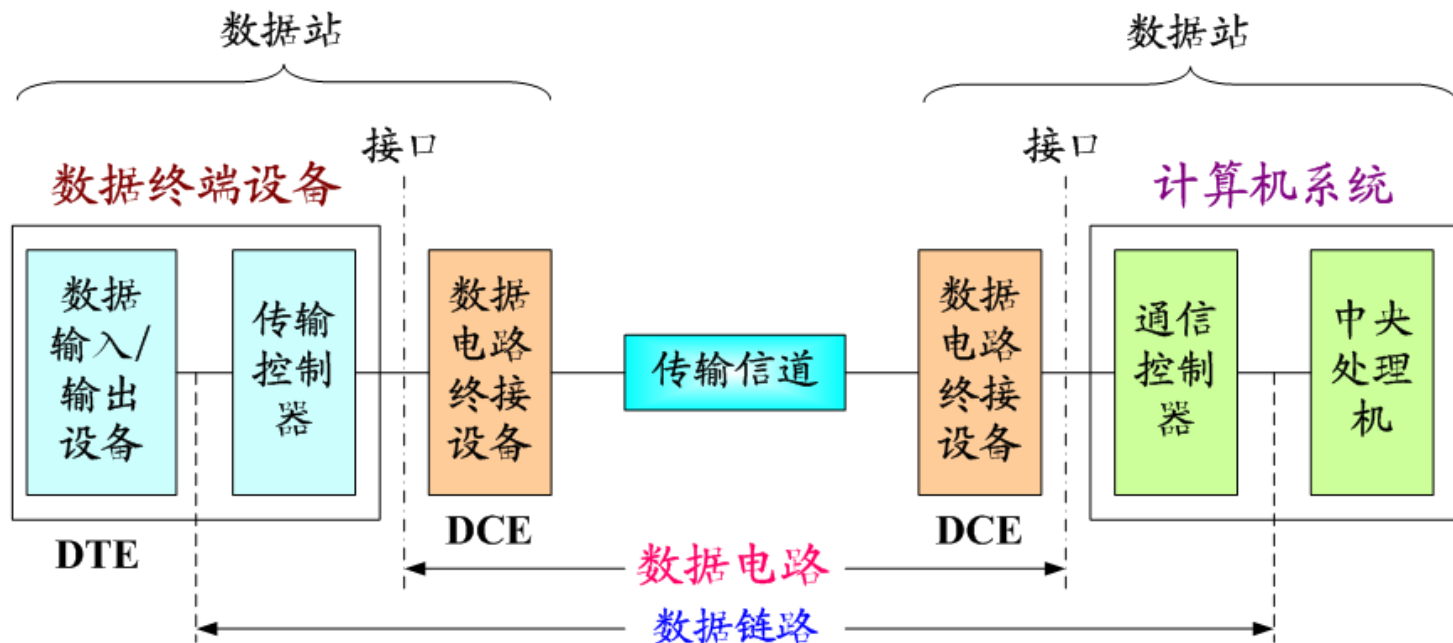
若以同样的速率发送码元，则同样时间所传送的信息量就提高到了 3 倍。

奈氏准则与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。

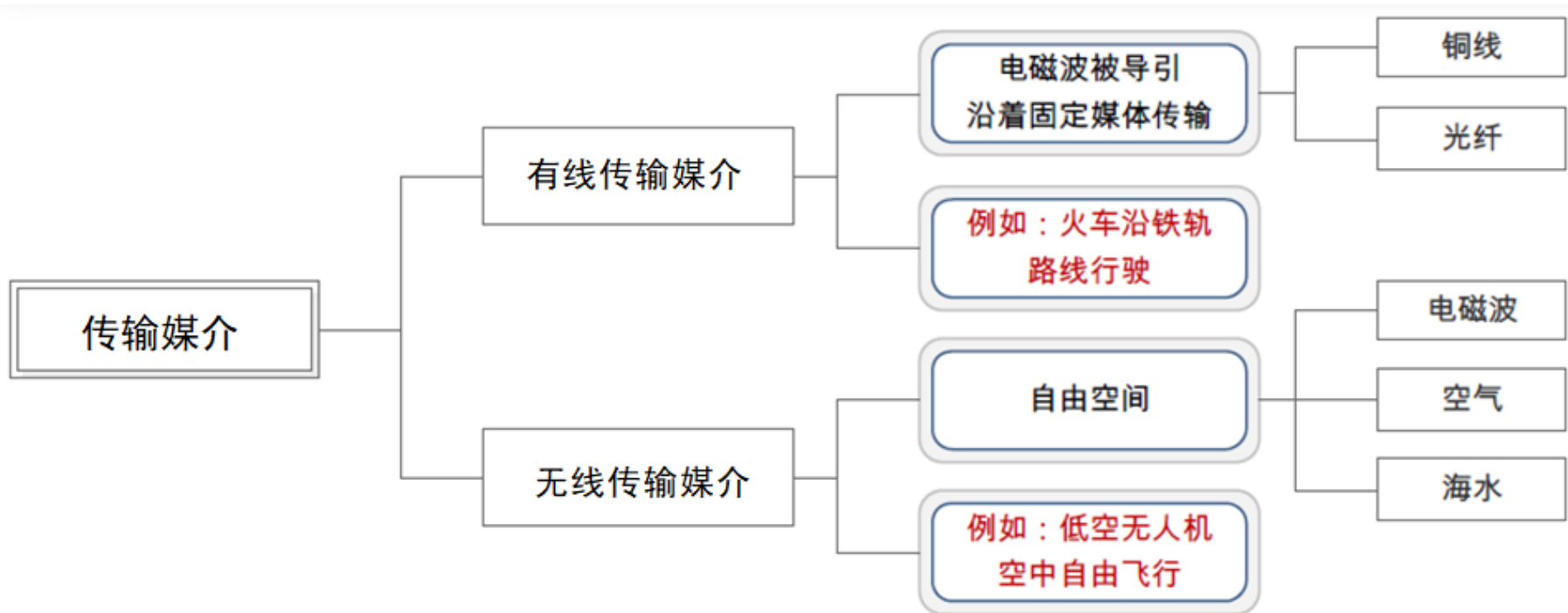
数据通信系统模型



- **数据终端设备(DTE)**
 - 一种具有一定的数据处理和转发能力的设备
 - 可以是数据的源点或终点
- **数据电路终结设备(DCE)**
 - 在DTE和传输线路之间提供信号变换和编码的功能
 - 负责建立、保持和释放数据链路

传输媒介

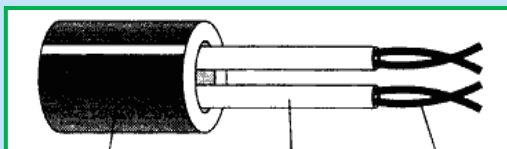
- 传输媒介也称为传输媒体或传输介质，是网络中连接收发双方的物理通路，也是通信中实际传输信息的载体。



有线传输媒介

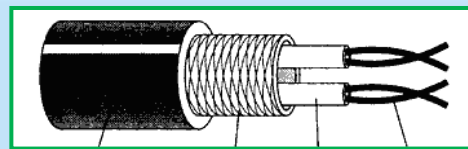
● 双绞线

- 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**起来就构成了双绞线。
- **绞合度越高，可用的数据传输率越高。**
- 两大类：屏蔽双绞线 STP 和 无屏蔽双绞线 UTP。
- 模拟传输和数字传输都可以使用双绞线。



聚氯乙烯套层 绝缘层 铜线

(a) 无屏蔽双绞线



聚氯乙烯套层 屏蔽层 绝缘层 铜线

(b) 屏蔽双绞线

3 类线



5 类线



(c) 不同的绞合度的双绞线

有线传输媒介

● 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**起来就构成了双绞线。
- **绞合度越高，可用的数据传输率越高。**
- 两大类：屏蔽双绞线 STP 和无屏蔽双绞线 UTP。
- 模拟传输和数字传输都可以使用双绞线。

常用的绞合线的类别、带宽和典型应用

绞合线类别	带宽	线缆特点	典型应用
3	16 MHz	2 对 4 芯双绞线	模拟电话；曾用于传统以太网 (10 Mbit/s)
5	100 MHz	与 3 类相比增加了绞合度	传输速率不超过100 Mbit/s 的应用
5E (超5类)	125 MHz	与 5 类相比衰减更小	传输速率不超过 1 Gbit/s 的应用
6	250 MHz	与 5 类相比改善了串扰等性能	传输速率高于 1 Gbit/s 的应用
6A	500 MHz	改善了串扰等性能，可使用屏蔽双绞线	传输速率 10 Gbit/s (距离100 m)
7	600 MHz	使用屏蔽双绞线	传输速率高于 10 Gbit/s 的应用
8	2000 MHz	必须使用屏蔽双绞线	传输速率 25 Gbit/s 或 40 Gbit/s , 距离 30 m

有线传输媒介

● 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**起来就构成了双绞线。
- **绞合度越高，可用的数据传输率越高。**
- 两大类：屏蔽双绞线 STP 和无屏蔽双绞线 UTP。
- 模拟传输和数字传输都可以使用双绞线。

常用的绞合线的类别、带宽和典型应用

绞合线类别	带宽	线缆特点	典型应用
3	16 MHz	2 对 4 芯双绞线	模拟电话；曾用于传统以太网 (10 Mbit/s)
5	100 MHz	与 3 类相比增加了绞合度	传输速率不超过 100 Mbit/s 的应用
5E (超 5 类)	100 MHz	与 5 类相比增加了绞合度	传输速率不超过 100 Mbit/s 的应用
6	250 MHz	与 5 类相比改善了串扰等性能	传输速率高于 1 Gbit/s 的应用
6A	500 MHz	改善了串扰等性能，可使用屏蔽双绞线	传输速率 10 Gbit/s (距离 100 m)
7	600 MHz	使用屏蔽双绞线	传输速率高于 10 Gbit/s 的应用
8	2000 MHz	必须使用屏蔽双绞线	传输速率 25 Gbit/s 或 40 Gbit/s，距离 30 m

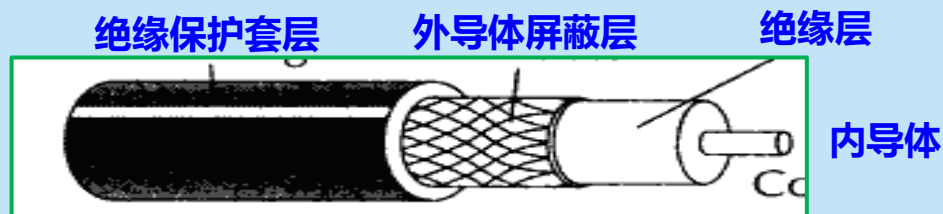
无论是哪种类别的双绞线，衰减都随频率的升高而增大。

有线传输媒介

● 同轴电缆

- 由内导体铜质芯线（单股实心线或多股绞合线）、绝缘层、网状编织的外导体屏蔽层（也可以是单股的）以及保护塑料外层所组成。
- 具有很好的抗干扰特性，被广泛用于传输较高速率的数据。
- 同轴电缆的带宽取决于电缆的质量。
- 50 Ω 同轴电缆 —— LAN / 数字传输常用
- 75 Ω 同轴电缆 —— 有线电视 / 模拟传输常用

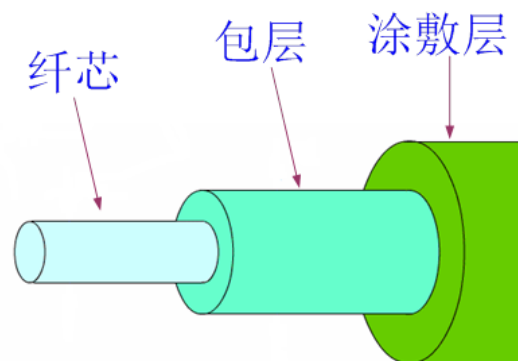
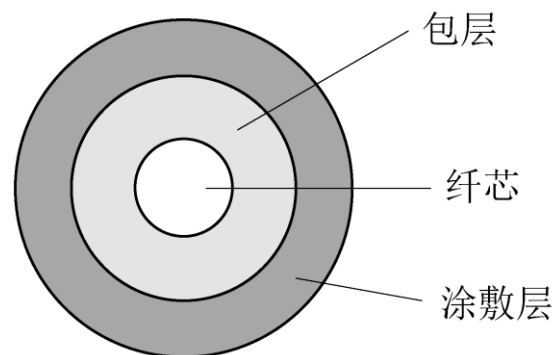
同轴电缆的结构



有线传输媒介

● 光纤

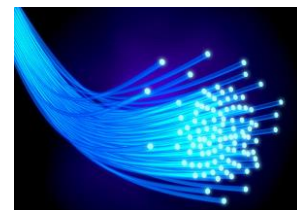
- 是圆截面介质波导，由纤芯、包层和涂敷层（或称保护层、防护层）构成。
- 纤芯由高度透明的材料构成。
- 包层的折射率略小于纤芯，从而可以形成光波导效应，使大部分的光被束缚在纤芯中传输。
- 涂敷层的作用是增强光纤的柔韧性。
- 为了进一步保护光纤，提高光纤的机械强度，一般在带有涂敷层的光纤外面再套一层热塑性材料构成套塑层（或称二次涂敷层）；在涂敷层和套塑层之间还需填充一些缓冲材料构成缓冲层（或称垫层）。



有线传输媒介

● 光纤

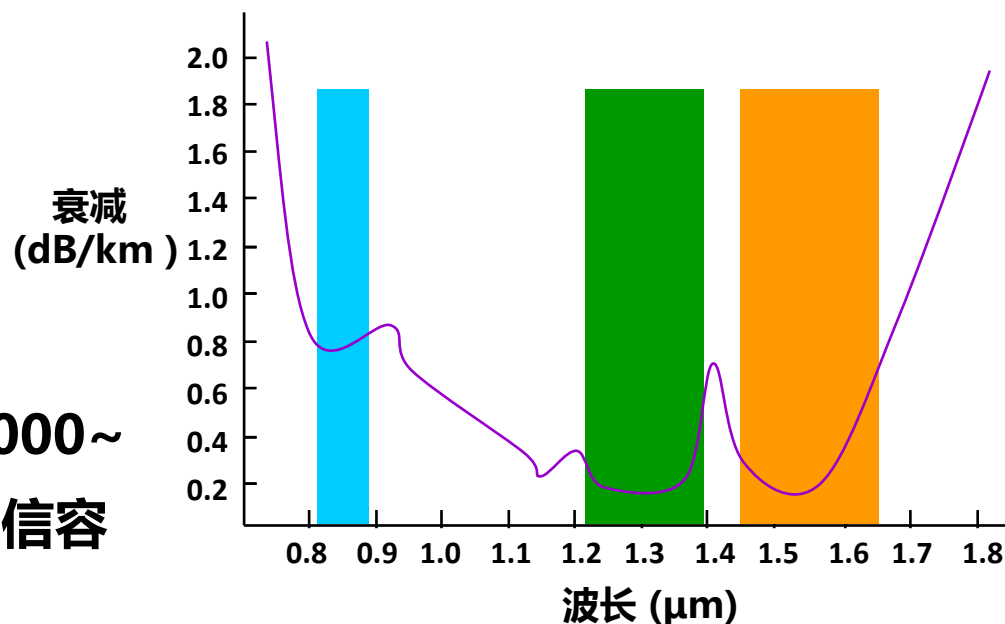
- 是光纤通信的传输媒体，通过传递光脉冲来进行通信。
- 光波是一种电磁波，其波长在微米级，频率为 10^{12} ~ 10^{16} Hz数量级。紫外线、可见光、红外线都属于光波范畴。



- 常用的三个波段的中心

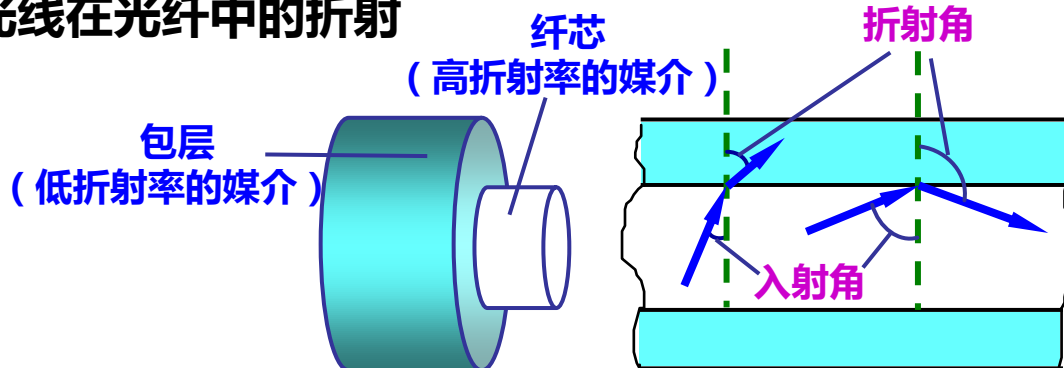
- 0.85 μm
- 1.31 μm
- 1.55 μm

以上三个波段都具有 25000~30000 GHz 的带宽，通信容量非常大。



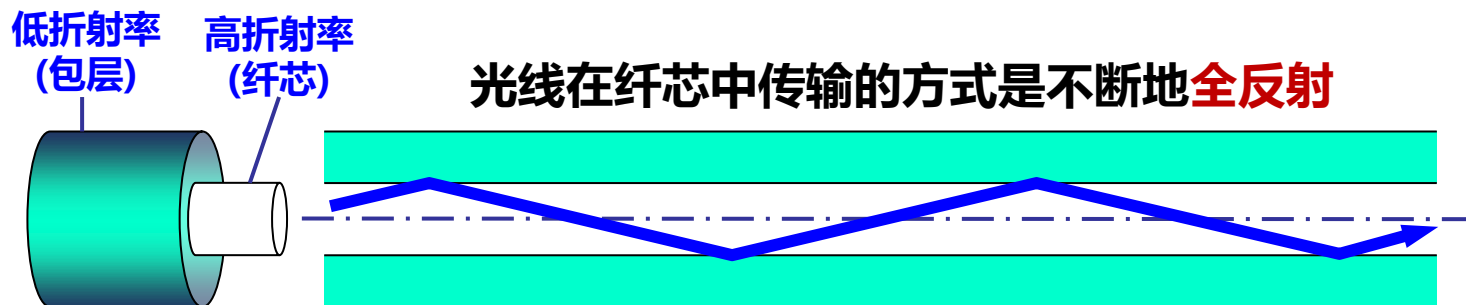
有线传输媒介

光线在光纤中的折射



2009年诺贝尔物理学奖
光纤之父高锟

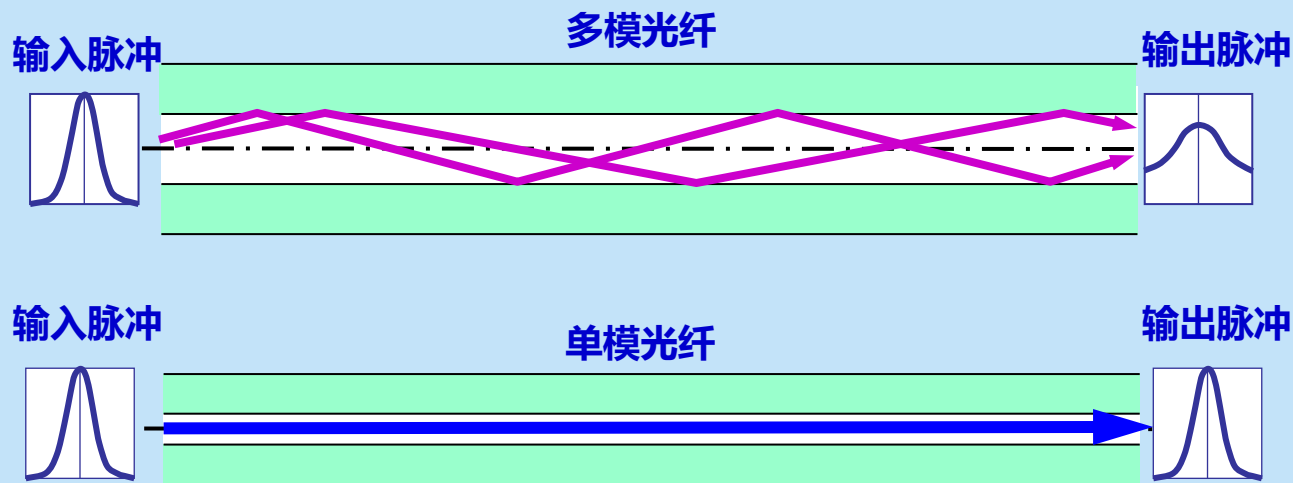
光波在纤芯中的传播



当光线从高折射率的媒介射向低折射率的媒介时，其折射角将大于入射角。因此，如果入射角足够大，就会出现全反射，光也就沿着光纤传输下去。

有线传输媒介

- 在光纤数据传输领域，术语“**模式**”用于描述光信号在光纤玻璃纤芯内的传播方式——即**模式**是光的**传播路径**。
- **单模光纤**：光沿着一条路径传播，若光纤的直径减小到只有一个光的波长（几个微米），则可使光线一直向前传播，而不会产生多次反射。
- **多模光纤**：光在多条路径中传播，光脉冲在多模光纤中传输时会逐渐展宽，造成失真，只适合于近距离传输。



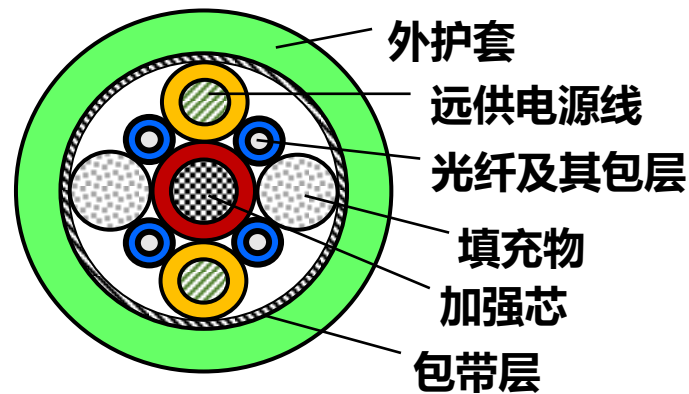
多模光纤和单模光纤的比较

有线传输媒介

● 光缆

- 数十至数百根光纤
- 加强芯和填充物
- 必要时还可放入远供电电源线
- 最后加上包带层和外护套

使抗拉强度达到几公斤，完全可以满足工程施工的强度要求。



优点	通信容量大	传输损耗小 中继距离长	抗干扰性能好	体积小，重量轻	保密性好
缺点	质地脆，机械强度差	连接困难	光纤光缆的弯曲半径不能过小 (>20cm)	分路、耦合不灵活	怕水

现在已经非常广泛地应用在计算机网络、电信网络和有线电视网络的主干网络中。