

信道vs.容量



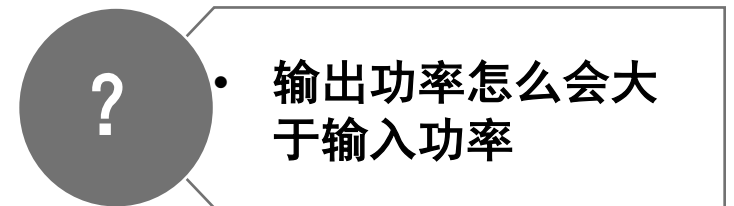
信号的强度

信号的衰减：信号的能量经传输系统后，若输出电功率小于输入电功率，就说信号在传输系统中遭到衰减。

$$P_1 < P_2$$

信号的增益：信号的能量经传输系统后，若输出电功率大于输入电功率，就说信号在传输系统中得到增益。

$$P_1 > P_2$$



信号强度的计量

分贝：用来度量电路中不同点上功率的相对大小。

$$D = 10 \cdot \log_{10}(P1/P2)$$

示例1：具有10mW功率的信号加在传输系统上，而在某距离点上测得的功率为5mW。试问这段线路上的信号衰耗是多少？

$$D = 10 \log_{10}(5/10) = 10 \cdot (-0.3) = -3(\text{db})$$

!

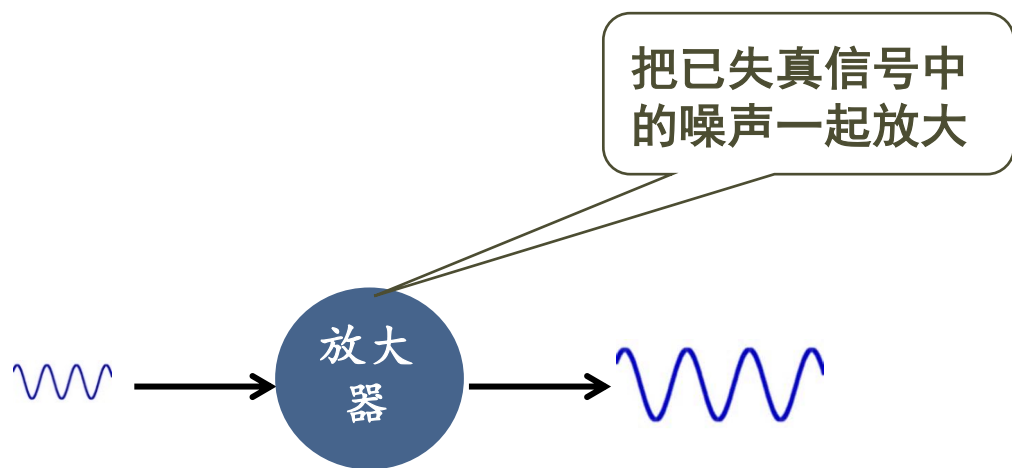
长距离传输时必须在传输途径的不同地点加入放大器以增加信号的强度。



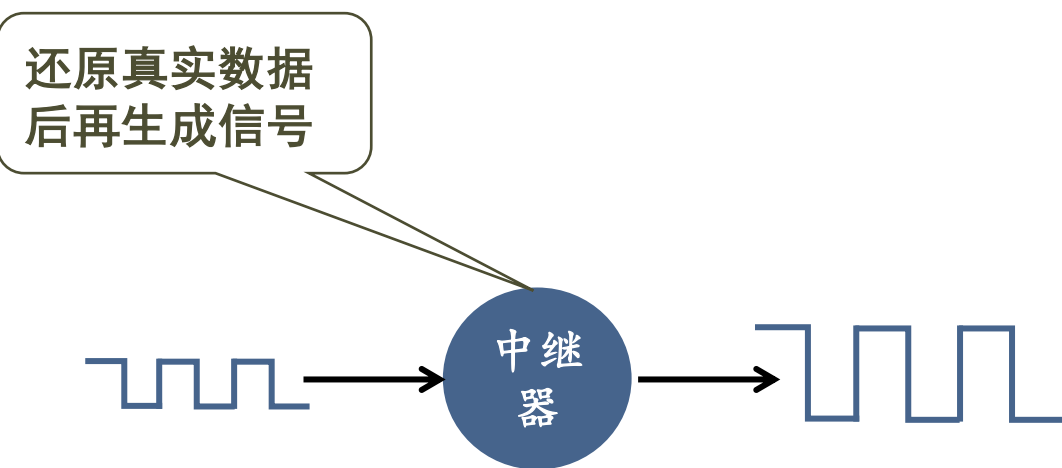
模拟传输 vs. 数字传输

模拟传输：指介质传输的是模拟信号。

数字传输：指介质传输的是数字信号。



放大器：把接收到的信号原封不动地放大一定的倍数后再次发送。



中继器：把接收到的信号中的数字信息提取出来后，再按一定的方式发送。



通信系统中的噪声

噪声：实际通信系统中客观存在的干扰源。度量单位为信噪比。

$$R_{S/N} = 10 \cdot \log_{10}(S/N)$$

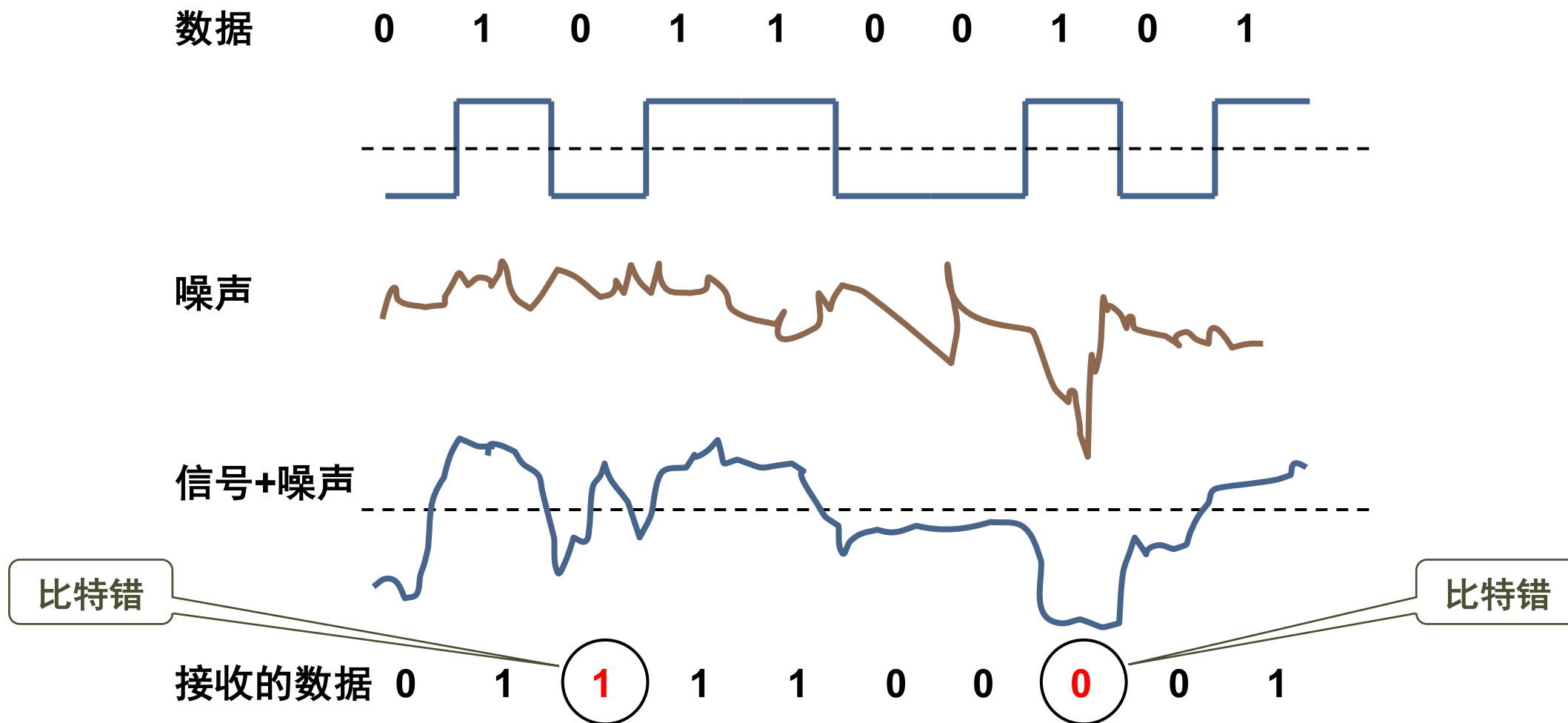
- S为平均信号功率
- N为噪声功率

噪声危害

- 信号变形失真
- 信号强度衰减



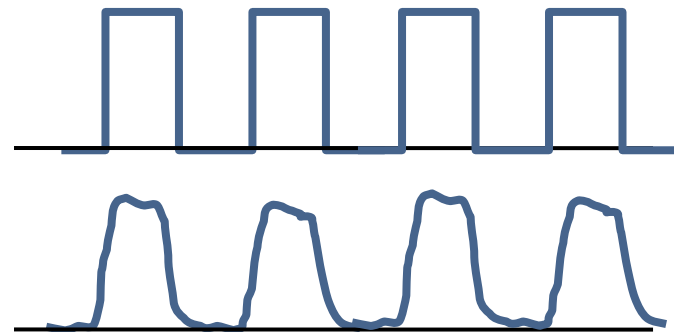
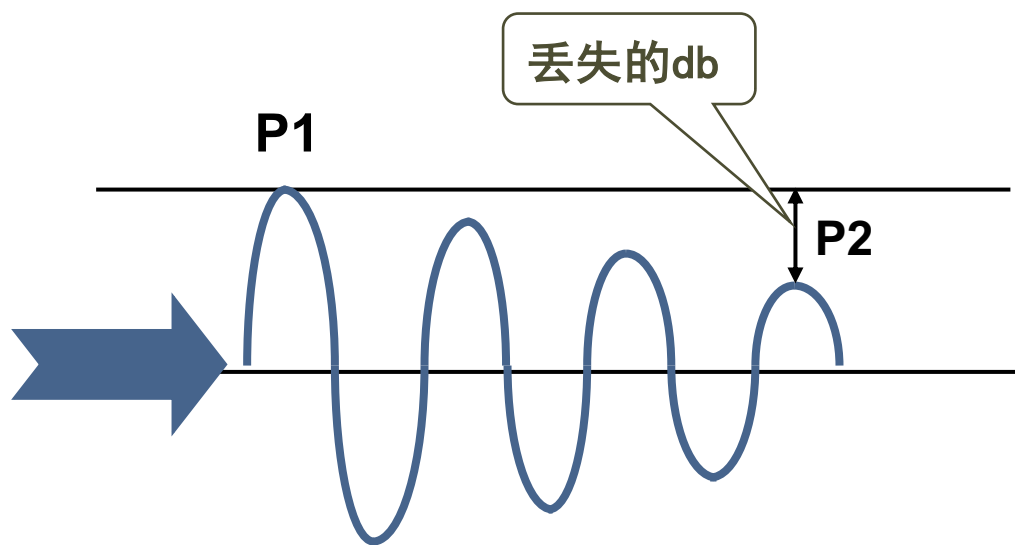
噪声的危害



传输减损

信号衰减：信号幅度的降低就称为信号衰减。

延迟失真：信号波形的畸变称为失真。



信道容量

信道容量：指给定条件下信道传输数据的能力。

数据率

指数据通信的速率，以每秒多少个二进制位表示 (bps)。

带宽

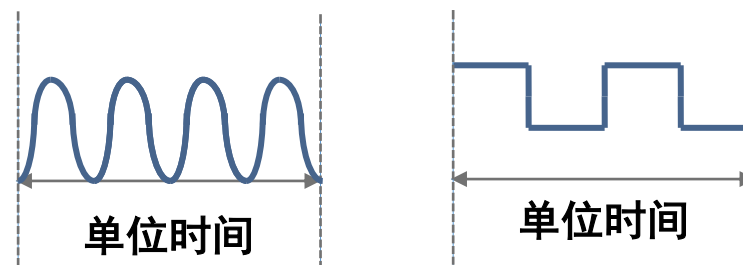
被传信号所占频带的宽度，以每秒多少个周期表示或赫兹Hz。



比特率 vs. 波特率

比特率：表示数据的传输速率，定义为单位时间内传送的比特数，单位为比特/秒或简写为bps。

符号率/波特率：表示信号速率，一般称为调制速率。定义为单位时间内所传输的波形个数。单位为波特。



设一个波形的持续时间为 T ，则波特率

$$D_{\text{baud}} = 1/T$$



数字信道

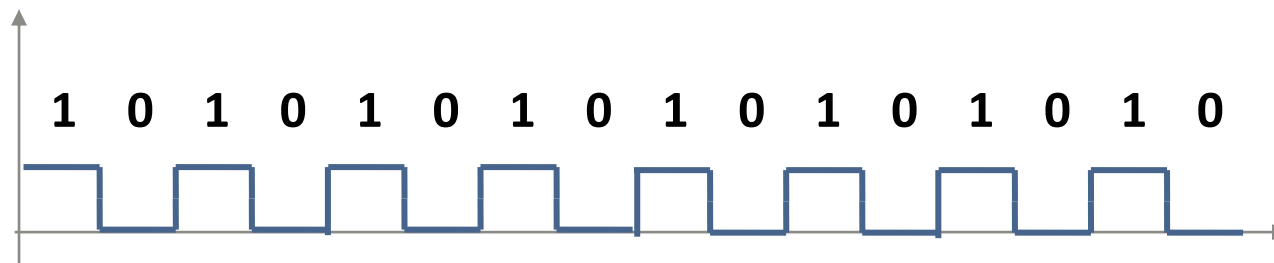
数字信道：一种离散信道，只能传送离散取值的数字信号。

数字信道特征

- 平稳：0和1的出错率相同
- 对称：对和错的概率相同
- 无记忆：前后传输无关



Harry Nyquist
1889 – 1976



数字信道的容量计算

Nyquist准则：离散无噪声的数字信道信道容量为：

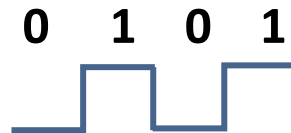
$$C = 2W \log_2 L$$

- W 为信道的带宽(Hz)
- L 为代码采用的进制数

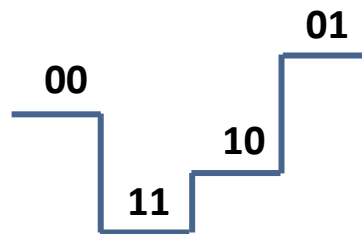
**示例2：一个无噪声的3kHz信道。
试问：能获得的信道容量？**

$$C = 2 * 3000 * \log_2 2 = 6000 \text{bps}$$

一个波形携带1个二进制比特



一个波形携带2个二进制比特



注意：按照尼奎斯特准则，给定任意一个数字信道，其容量没有上限。

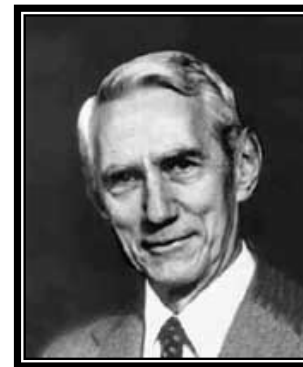


模拟信道的容量上限

Shannon定律：在信号平均功率有限的白噪声(指通信系统内部本身产生的噪声)信道中，信道的极限数据传输率(即信道容量)为：

$$C = W \cdot \log_2 (1 + S/N)$$

- S表示信号功率
- N表示噪声功率
- W为信道带宽
- C为信道容量



Claude E. Shannon
1916 - 2001

***注意**：按照香依定律，给定任意一个信噪比确定的模拟信道，其容量有上限。



模拟信道极限容量计算示例

示例3：考虑语音信道带宽为3100赫兹，信噪比为30分贝。试问：该信道的容量？

已知： $W = 3100\text{Hz}$ ， $R_{S/N} = 30\text{dB}$

信噪比 $30 = 10 \log_{10} (S/N)$

解得 $S/N = 1000$

根据香侬定律信道容量

$$\begin{aligned} C &= W \log_2 (1+S/N) \\ &= 3100 * \log_2 (1+1000) \\ &= 30894\text{bps} \end{aligned}$$

