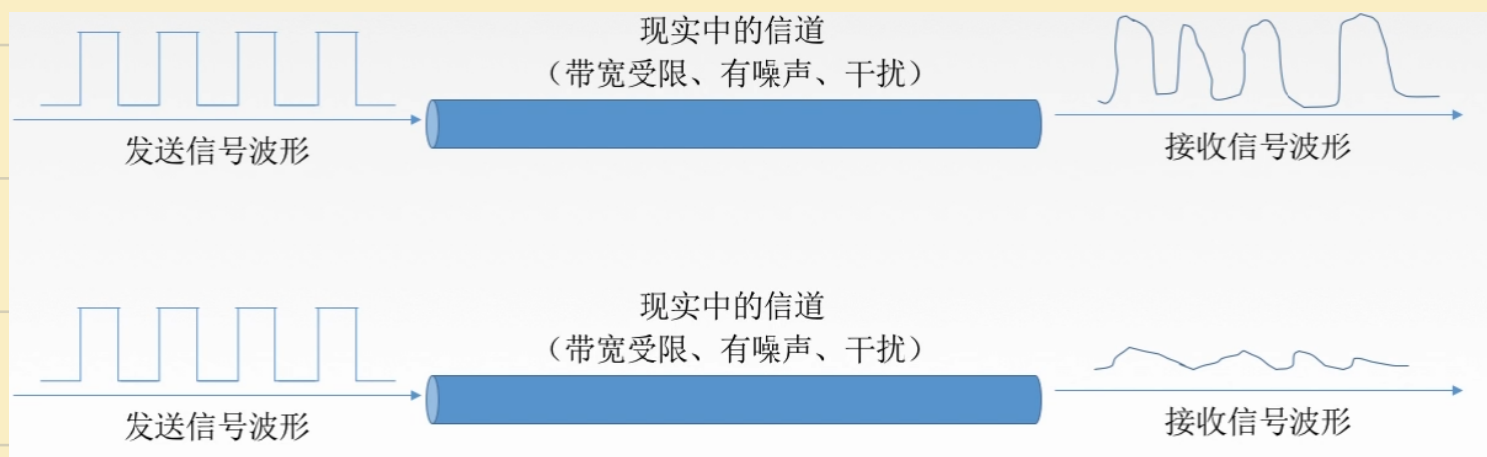


一、失真

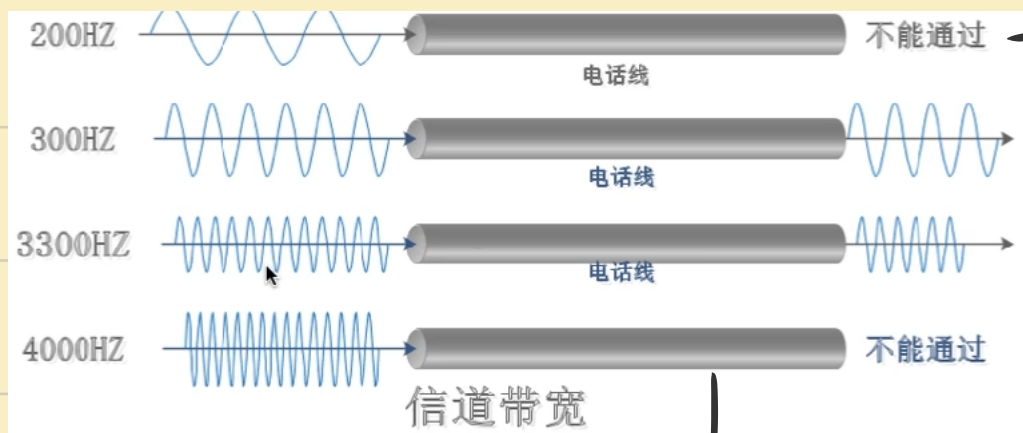
失真但仍可识别



失真过重无法识别

影响失真程度的因素：1.码元传输速率 2.信号传输距离 3.噪声干扰 4.传输媒体质量

二、码间串扰 (失真的一种现象)



太弱，干扰等最后无法通过信道信号就无了。

太强，频率过快，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清晰界限的现象。

三、奈氏准则 (奈奎斯特定理)

奈氏准则：在理想低通（无噪声，带宽受限）条件下，为了避免码间串扰，极限码元传输速率为 $2W$ Baud， W 是信道带宽，单位是Hz。

推导易得. 设为 k 进制码元. 则有 bit

$$\log_2 k \text{ / Band}$$

信息传输速率 = 每码元比特数 \times 码元传输速率

$$= 2W \cdot \log_2 k$$

即:

理想低通信道下的极限数据传输率

$$= 2W \log_2 k \text{ (b/s)}.$$

1. 在任何信道中, **码元传输的速率是有上限的**. 若传输速率超过此上限, 就会出现严重的码间串扰问题, 使接收端对码元的完全正确识别成为不可能。

2. 信道的**频带越宽** (即能通过的信号高频分量越多), 就可以用更高的速率进行码元的有效传输。

奈氏准则只是给出了码元传输速率的限制, 但并没有对信息传输速率给出限制

例. 在无噪声的情况下, 若某通信链路的带宽为 3kHz , 采用 4 个相位, 每个相位具有 4 种振幅的 QAM 调制技术, 则该通信链路的最大数据传输率是多少?

$$2 \cdot 3000 \times \log_2 4 \cdot 4 = 24000 \text{ b/s}.$$

四. 香农定理.

噪声存在于所有的电子设备和通信信道中。由于噪声随机产生，它的瞬时值有时会很大，因此噪声会使接收端对码元的判决产生错误。但是噪声的影响是相对的，若信号较强，那么噪声影响相对较小。因此，**信噪比**就很重要。
信噪比=信号的平均功率/噪声的平均功率，常记为 S/N ，并用分贝（dB）作为度量单位，即：

$$\text{信噪比 (dB)} = 10\log_{10}(S/N)$$

定义.

香农定理：在带宽受限且有噪声的信道中，为了不产生误差，信息的数据传输速率有上限值。

香农定理：在带宽受限且有噪声的信道中，为了不产生误差，信息的数据传输速率有上限值。

$$\text{信道的极限数据传输速率} = W \log_2(1 + S/N) \quad (\text{b/s})$$

带宽 (Hz)

信噪比

S是信道所传信号的平均功率
N是信道内的高斯噪声功率

注意、如果题中给出的是带单位 dB 的信噪比，要通过 $\text{信噪比} = 10\log_{10}(S/N)$ 算出 S/N 再代入。

如果给的信噪比不带单位那么就认为是 S/N 的值，所以直接代入。

一些推论.

1. 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**。
2. 对一定的传输带宽和一定的信噪比，信息传输速率的上限就确定了。
3. 只要信息的传输速率低于信道的极限传输速率，就一定能找到某种方法来实现**无差错的传输**。
4. 香农定理得出的为极限信息传输速率，实际信道能达到的传输速率要比它低不少。
5. 从香农定理可以看出，若信道带宽 W 或信噪比 S/N 没有上限（不可能），那么信道的极限信息传输速率也就没有上限。

例题:

例. 电话系统的典型参数是信道带宽为3000Hz, 信噪比为30dB, 则该系统最大数据传输速率是多少?

$$\text{解: 信噪比} = 10 \log_{10} (S/N)$$

$$\Rightarrow 30 = 10 \log_{10} (S/N)$$

$$\Rightarrow S/N = 1000$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{最大数据传输速率} &= W \log_2 (1 + S/N) \\ &= 3000 \log_2 1001 \\ &\approx 30 \text{ Kb/s.} \end{aligned}$$

五. 奈氏准则与香农定理的比较.

奈氏准则 内忧

带宽受限无噪声条件下, 为了避免码间串扰, 码元传输速率的上限 $2W$ Baud。

理想低通信道下的极限数据传输率 = $2W \log_2 V$

要想提高数据率, 就要提高带宽/采用更好的编码技术。

香农定理 外患

带宽受限有噪声条件下的信息传输速率。

信道的极限数据传输率 = $W \log_2 (1 + S/N)$

要想提高数据率, 就要提高带宽/信噪比。

例题:

题目: 二进制信号在信噪比为127:1的4kHz信道上传输, 最大的数据速率可达到多少?

$$\text{解: } 2W \log_2 V = 2 \cdot 4\text{k} \cdot \log_2 2 = 8 \text{ Kb/s.}$$

$$W \log_2 (1 + S/N) = 4\text{k} \cdot \log_2 (1 + 127)$$

$$= 4k \cdot 7 = 28kb/s.$$

8kb/s < 28kb/s 故最大为 8kb/s

