

姓名：蔡与望

学号：2020010801024

核心词汇

1. 数字信号

什么是数字信号？

时间上连续、幅度上离散的信号。

为什么不传模拟信号，要传数字信号？

模拟信号一旦受噪声等干扰，就难以还原本来的信号，导致失真；而数字信号在幅度上离散，能够容忍一定程度的干扰，便于检错、纠错，且在电路上逻辑清晰、容易实现。

怎么样传输数字信号？

用高低电平表示数字信号的 1 和 0，实际通信介质中传输电信号。

2. 基频

什么是基频？

周期振荡系统中，最低的振荡频率。

为什么要确定基频？

运用傅里叶变换后，方波被分解成不同频率的正弦波，这些正弦波的频率都是奇数倍的基频，那么将这个频率抽出来单独定义，显然就具有一定的意义：确定基频后，容易描述频域和波频。

怎么样

结合傅里叶变换与欧拉公式，可得周期性信号的和形式

$$s(t) = \sum C_k e^{jk\omega_0 t}$$

之后显然可得

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

3. 频谱

什么是频谱？

表示某一信号波形的频率与幅值的关系的图像。

为什么要画频谱？

直观地表现出信号在各个频段上的幅值，能清晰地分析复杂波形的成分，引出信道的三种类型。

怎么样得到波的频谱？

将复杂波形分解为振幅、频率不同的正弦波后，按频率排列这些波的振幅，得到的 $\omega - A$ 图就是频谱。

4. 数字传输

什么是数字传输？

在通信信道中传输数字信号。

为什么不直接传输模拟信号？

模拟信号一旦受噪声等干扰，就难以还原本来的信号，导致失真；而数字信号在幅度上离散，能够容忍一定程度的干扰，便于检错、纠错，且在电路上逻辑清晰、容易实现。

怎么样进行数字传输？

用高低电平表示数字信号的 1 和 0，在信道中传输电信号。

5. 信道容量

什么是信道容量？

在可用的带宽上，bit 速率最高能达到多少。

为什么要引入信道容量的概念？

用于描述信道传输信息的能力；如果在这个容量上再往上一步，那么就不得不付出误码、丢包的代价。

怎么样计算信道容量？

- 如果不考虑噪声，那么根据奈奎斯特定理有 $C = 2B \log_2 M$ 。
 - 如果考虑噪声，那么根据香农定理有 $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)$ 。
 - 如果考虑实际上，信道加宽会导致噪声相应增加，那么有 $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 B}\right)$ 。
 - 如果使用 MIMO，则信道容量有 $C = m \log_2 \left(\frac{n}{m} \text{SNR}\right)$ ，其中发送 m 天线，接收 n 天线。
-

6. 奈奎斯特带宽

什么是奈奎斯特带宽？

无噪声情况下的符号率，单位是 $Baud/s$ 。

为什么不能无限提高电平数 M ？

因为有噪声存在，各个电平之间不再是平行关系，而是会由于电位波动出现重叠，从而造成误码，从而出现一个 M 的上限。即码间串扰。

怎么样计算奈奎斯特带宽？

使用奈奎斯特定理，如果信号数 M 确定，那么奈奎斯特带宽为

$$B = 2 \log_2 M \cdot B_0$$

其中 B_0 是给定信道的带宽。

7. 香农公式容量

什么是香农公式容量？

在有噪声的情况下的信道容量。

既然公式说信号功率 S 越高，信道容量 C 越大，为什么实际中不采用这种方法？

在现实中，虽然的确是 S 越高、 C 越大，但 S 是一个对数的真数，要让信道容量线性增长，则信号功率必须以指数增长，实际的收益不大，不如调小信号功率，可以节能。

常见的是通过扩频来增大 B ，以此来容许更差的信噪比。

怎么样计算香农公式容量？

如果不考虑带宽增加带来的额外噪声，那么 $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$ ，其中 S 是信号功率， N 是噪声功率。

如果考虑上述情况，那么 $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 B} \right)$ ，其中 N_0 是单位带宽内的噪声功率。

8. 信噪比

什么是信噪比？

信道中信号与噪声的比例，单位是 dB。

输入信号是变化的，那为什么设备的信噪比是一个恒定值？

如果信噪比是随着输入信号变化而变化的，那么它显然不能作为衡量设备性能的指标；所以在电子设备下，信噪比被定义为：“设备最大不失真输出功率下信号与噪声的比例”。

怎么样计算信噪比？

$$SNR = 10 \lg \frac{S}{N}$$

不是简单的信号功率/噪声功率！

9. 调制

什么是调制？

改变信号的频域，把频域搬到信道最适合传输的带宽上。

为什么要调制？

如果不调制、直接送上信道，那么如果信道对应的带宽不够，信号就会严重受损，通信质量下降；调制之后，信号频域与信道带宽大致相同，就能保证信号相对较好的传输。

怎么样调制信号？

- 幅度键控（ASK）：把原始信号调制在载波幅度上。
 - 频率键控（FSK）：用载波频率的变化代表信号电平的变化。
 - 相位键控（PSK）：用载波相位的变化代表信号电平的变化。
 - 正交幅度调制（QAM=ASK+PSK）：同时改变信号幅度与载波相位，以增加信号级数 M。**载波相位正交。**
 - 当 M=4，称为 QPSK。
-

10. 曼彻斯特编码

什么是曼彻斯特编码？

是一种多电平编码，1bit 的数据用两个电平表述。**在 1bit 的中间有一次突变。**

为什么要引入曼彻斯特编码？

曼彻斯特编码中，每一位的中间都有一次跳变，这一次的跳变就可以当作时钟信号，用来同步双方信息的收发。

它是怎么样编码的？

电平先低后高为 0，先高后低为 1。**称为标准曼彻斯特编码。反之就只叫曼彻斯特编码。**

11. 幅移键控

什么是幅移键控？

将原始信号调制在载波的幅度上。

为什么幅移键控是有效的？

幅移键控会把原始信号变为恒非负后，乘以信道中心频率的余弦波；这样就把波形搬移到了信道带宽的中心，并且左右对称，保证了信号最大程度上的不受损。

怎么样解调幅移键控？

接收端乘以一个与发送端同频同相的信号：

$$s(t) \cos(\omega_c t) = [b(t) + d] \cos^2(\omega_c t) = \frac{1}{2} [b(t) + d] + \frac{1}{2} [b(t) + d] \cos(2\omega_c t)$$

前一部分就是原始信号，后一部分可以通过调制频率到 $2\omega_c$ 滤波滤掉。

12. 频移键控

什么是频移键控？

用载波的频率变化代表原始信号的电平变化。

为什么 FSK 要优于 ASK？

ASK 易受噪声干扰，导致幅度变化而失真；同时由于其左右对称的调制波形，需要很宽的带宽。而 FSK 能够克服这些缺点。

怎么样

根据输入数据的某个比特是 0 还是 1，对应地在两个独立的振荡器中切换，其中每个振荡器都会产生不同频率的波。如果切换的时候，两个振荡器的波相不一样，就称为不连续 FSK 信号；反之为连续 FSK 信号。要做到后者，正弦波形最好持续周期的整倍数。

13. 相移键控

什么是相移键控？

用载波的相位变化代表原始信号的电平变化。

为什么会想到结合 ASK 和 PSK (QAM) ？

QAM 同时采用幅度和相位调制来传递比特，能够进一步增加信号个数 M ，频带利用率更高。

怎么样实现 BPSK？

将原始信号的相位不变或移后 π ， $S(t) = A\cos(2\pi f_c t + (0 \text{ or } \pi))$ ，接收方根据波形相位判断比特是 0 还是 1。

14. 采样、量化和编码

采样、量化、编码的过程是什么样的？

先在原始信号上，隔固定时间取一次值，称为采样；然后将这些离散的瞬时值视作连续的模拟量的代表，**记录其幅值**，称为量化；最后将这些离散的值用二进制表示，称为编码。

为什么要进行采样+量化+编码的过程？

本质上，是因为模拟量不适合传输，容易失真；而采样+量化+编码后，模拟量就变成了数字比特流，易于传输。

怎么样采样与编码？

采样时，尽量保证采样频率大于信号最大频率的 2 倍（采样定理）；

编码时，结合实际采用多电平编码、设奇偶校验位等。

一般词汇

1. 调制率

什么是调制率？

信号调制后，净比特率占带宽的百分比。

为什么要引入调制率的概念？

调制率反映了调制的效果好坏。

怎么样计算调制率？

$$\text{调制率} = \frac{\text{比特率}}{\text{带宽}}$$
，其中的比特把纠错码也计算在内。

2. 正交调幅

什么是正交调幅？

即 QAM，幅度键控（ASK）和相位键控（PSK）的结合，利用两路正交载波的多种幅度驮载信号。

为什么要进行正交调幅？

正交调幅有很大的优势，它能够进一步增加编码的信号个数 M ，双倍扩展有效带宽，频带利用率更高。相比于提高信噪比来说，对于提高信道容量的帮助更加显著。

怎么样进行正交调幅？

将两个信号分别对同频但相位相差 $\frac{\pi}{2}$ 的两个正交载波(sin, cos)进行 ASK，然后再将这两个调幅信号进行矢量相加。

3. 多输入多输出（MIMO）

什么是 MIMO？

多输入多输出（Multiple Input – Multiple Output），指在发送端和接收端分别都用多个天线发送或接收数据。

为什么要实行 MIMO？

如果只能使用单输入单输出，那么为了提高通信效率，就只能修建更多基站（成本过高）、增大发射功率（受管控）或提高天线增益（材料落后）；而 MIMO 可以较为轻松地实现通信效率的提高，只需要找到一套管理波束和分开信道的方法即可。

能够大幅提高信道容量： $C = m \log_2(\frac{n}{m} SNR)$ ，其中发送端有 m 天线，接收 n 天线。

怎么样实现 MIMO?

天线数量一般是 2/4/8 根，大规模 MIMO 可以达到 128/256 根；使用高频频段；多根天线通过波束赋形，自动调节各个天线发射信号的相位，使其在接收端形成电磁波的有效叠加，产生更强的信号增益来克服损耗。

4. 正交频分复用 (OFDM)

什么是正交频分复用?

正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ，多载波调制的一种，将高速信号分解成多个低速正交信号传输。

为什么要进行 OFDM?

信道带宽通常比传送一路信号所需的带宽要宽得多，如果一个信道只传送一路信号，会造成浪费；而 OFDM 可以合理地利用这些带宽。并且，它的抗多径衰落和抗干扰能力也较强。

怎么样实现 OFDM?

原始的数据流被转换为 n 路正交的子数据流，分别调制 n 路子载波，在各个信道分别传输。