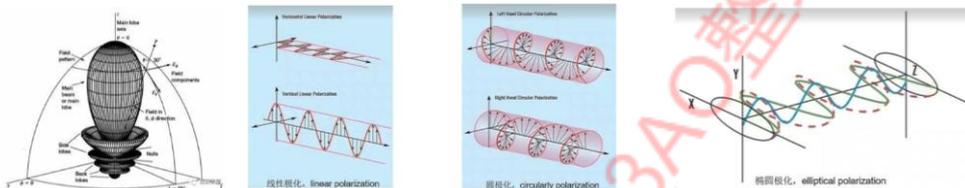
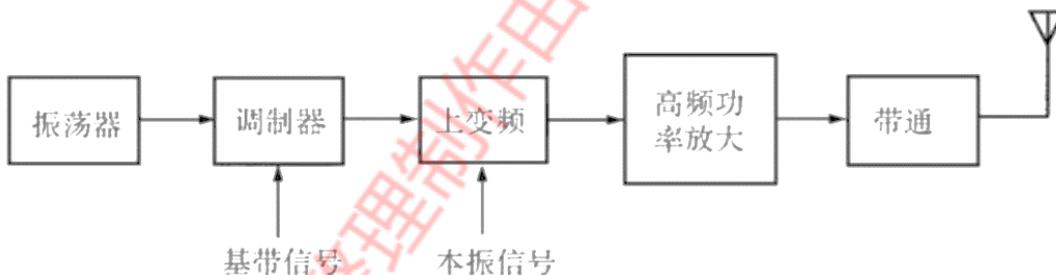


## 第二章 无线电技术基础

- 无线电波的产生：交变电场周围产生交变磁场，交变磁场又感应交变电场，电场、磁场相互激发并对外辐射与传播，即产生电磁波。
- 无线电波的极化：在空间辐射某一固定位置上电场矢量端点随时间运动的轨迹，可分为线极化、圆极化和椭圆极化。
- 无线电波的传播方式：天波、地波、视距传播、散射传播。
- 地面波传播：电波沿地球表面的传播。
- 天波传播：电波由发射天线向高空辐射，在高空被电离层连续折射或散射而返回地面接收点的传播方式。
- 视距传播：发射天线与接收天线之间可视，电波由发射点直接到接收点的传播。
- 散射传播：利用低空对流层或高空电离层下缘的不均匀“介质团”对电波的不规则散射作业，实现传播。
- 天线方向图又称波瓣图，是若干个最大辐射区域的集合，有旁瓣、主瓣之分。旁瓣电平是指旁瓣最大值与主瓣最大值之比，单位 dB。



- 波束宽度：天线主瓣所覆盖的角度范围，表征天线对电波辐射场在空间的约束程度。
- 射频发射机的基本组成：

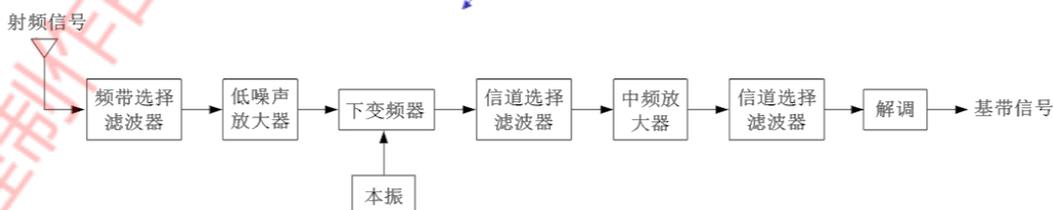


- 振荡器：产生正弦载波；-调制器：完成基带信号对载波的调制，得到已调波的通信信号。
  - 上变频：将信号搬移到所需的频段；-功放：放大到足够的功率并发射；
  - 带通滤波器：限制频带，不干扰到相邻信道。
- 主要指标：频谱、功率、效率。

### 超外差式接收机

关键部件：下变频器

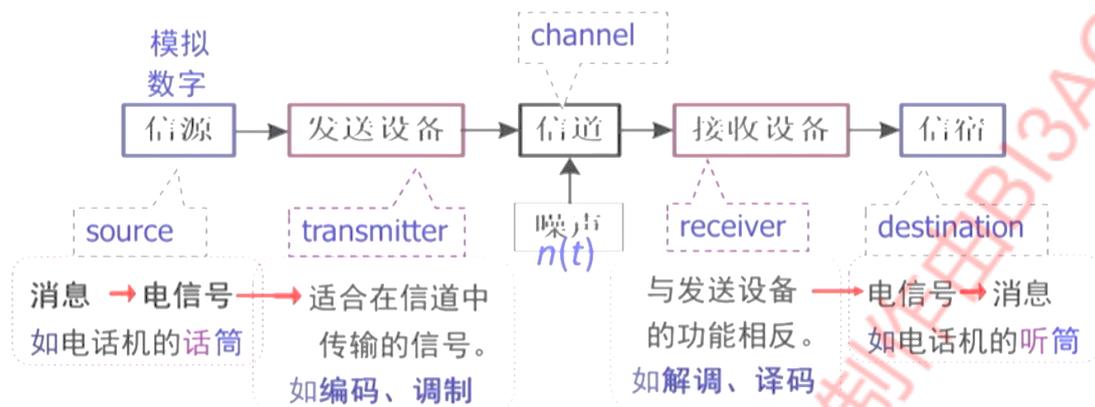
#### 1. 基本结构方案



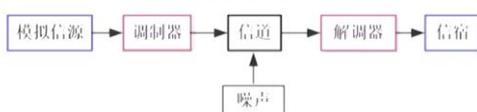
- 变频器功能：将接收到的射频不失真的降低为一个固定的中频；
- 变频特点：频率降低；频谱结构不变。
- 低噪声放大器——射频放大；变频器——频谱搬移；中频放大——选信道、主增益级。

### 第三章 通信的基本原理

· 通信系统的一般模型：反映了通信系统的共性。



■ 模型：利用模拟信号传输信息的系统



■ 模型：利用数字信号传输信息的系统



■ 研究：模拟消息 ↔ 原始电信号 消息信号 (基带信号) 基带传输



■ 研究：编码 译码 调制 解调 同步

- 信源编码：模/数转换、压缩编码、提高有效性
- 信道编码：冗余编码、提高可靠性
- 调制：把信息寄托到载波上
- 解调：从已调信号中卸载信息

- 数字通信系统优点：抗噪声能力强，噪声不累计；传输差错可控；易于处理、变换、存储；易于集成、加密；易于将来自不同信源的信号综合传输；
- 数字通信系统缺点：可能需要较大的传输带宽；对同步要求高。
- 按传输方向和时间分：单工、半双工、全双工通信。
- 按数字码元传输时分：并行传输（近距离）、串行传输（远距离）。

$$I_i = I(x_i) = \log_2 \frac{1}{P(x_i)}$$

$x_i$  的信息量 (b)  
反映单个符号的不确定性

$$H = \sum_{i=1}^M P(x_i) \log_2 \frac{1}{P(x_i)}$$

平均信息量 (b/sym)  
反映信源的平均不确定性

- $H$  与信源的进制数  $M$  和各符号出现的概率  $P$  有关；
- $M$  一定、 $P$  相等时，熵最大： $H_{\max} = \log_2 M = I_i$
- 发送概率  $P$  相等时：信源的进制数越多，熵越大。

$M = 2^k$   
二进制 --- 1 bit  
多进制 --- k bit

· 借助熵的概念： $I_{\text{总}} = n \times H$  等概时，熵最大： $H_{\max} = \log_2 M = I_i$

**例5**

由例4的信源： $P(0)=3/8, P(1)=1/4$   
 $P(2)=1/4, P(3)=1/8$  发送一条消息：

2010201302130012032101003210100231020020103

12032100120210, 试求 这条消息的总信息量。

解：利用信息相加性概念来计算：

$$I_{总} = 23I_0 + 14I_1 + 13I_2 + 7I_3 = 108 \text{ (b)}$$

$$I_i = \log_2 \frac{1}{P(x_i)}$$

利用熵的概念来计算：

$$H = 1.906 \text{ (b/符号)}$$

$$I_{总} = 57 \times H = 57 \times 1.906 = 108.64 \text{ (b)}$$

**评注**

一条由  $n$  个符号构成的消息，其总信息量为：

$$I_{总} = n \times H$$

- 码元传输速率  $R_B$  RateBaud (波特率、传码率)：每秒传送的码元 (符号) 个数，单位 B。
- 若码元的持续时间为  $T_B$  秒，则码元长度为  $R_B=1/T_B$ 。
- 信息传输速率  $R_b$  RateBit (比特率、传信率)：每秒传送的比特数 (信息量)，单位 bit/s。

**$R_b$  与  $R_B$  的关系：** 波特率和比特率都是数字通信系统的有效性指标

等概时

$$R_b = R_B \cdot H$$

$$R_b = R_B \cdot \log_2 M$$

$M=2$ 时,  $R_b=R_B$

$M>2$ 时,  $R_b>R_B$

- 数字通信系统的可靠性指标：误码率  $P_e$ 、误信率  $P_b$ 。若是二进制，则  $P_e=P_b$ 。

**例6**

二进制数字传输系统，码长为  $0.1\text{ms}$ ，各码元等概独立出现，连续工作  $30$  分钟后，接收端收到  $18$  个错码，且每个错误码元中仅发生  $1$  bit 的错误。试求：

(1)  $R_B, R_b, I_{总}, P_e, P_b$

(2) 若改为四进制，其他条件不变，又如何？

解  $R_B = \frac{1}{T_B} = 10^4 \text{ (Baud)}$  不变

$$N = R_B \cdot t = 18 \times 10^6 \text{ (个)}$$
 不变

$$R_b = R_B \log_2 M = 10^4 \text{ (b/s)}$$
  $2 \times 10^4$

$$P_e = \frac{N_e}{N} = \frac{18}{18 \times 10^6} = 10^{-6}$$
 不变

$$I_{总} = R_b \cdot t = 10^4 \times 30 \times 60 = 18 \times 10^6 \text{ (b)}$$
  $36 \times 10^6$

$$P_b = \frac{I_e}{I} = 10^{-6}$$
  $P_b = 0.5 \times 10^{-6}$

#### 第四章 无人机通信的分类

- 按照通信的双方位置是否改变来划分，可分为固定通信与（无线）移动通信。
- 按传输手段划分：电台移动通信、蜂窝移动通信、wifi 通信、卫星中继通信、电缆通信。
- 固频电台：采用通信载频固定不变的定频通信方式，抗干扰能力低、抗截获性能差。
- 跳频电台：通信载频不断跳变，时高时低，变化不定，所占用的频带更宽，属于扩频。
- 按参量取值划分：模拟、数字。

#### 第五章 无人机通信设备及工作模式

- 任务管理通信：在无人机承担的特定工作任务中，机上任务载荷采集需要准确、及时地传回到地面站的传输过程。根据信源信宿及通信方向不同，分为数据回传模式和中继通信模式。

#### 第六章 无人机通信的典型应用

- 自组网通信：是一种无线通信网络，具有动态、多跳、自组织、对等式网络节点的特点。与传统网络相比，自组网具有动态变化的拓扑结构、多跳路由、自组织性强、无集中控制、特殊的无线信道特征等优点。
- 无人机自组网的基本思想：将组成无人机网络的每一架无人机所获得的信息，通过无线网络实现实时的共享，从而极大地提高无人机系统对信息的处理速度，提高对特殊情况的快速响应能力。
- 无线自组网具体特点：独立性、移动性、多跳性、分布性。（独移多分）
- 中继网络通信：通信过程中由于环境的影响，会受到各种恶意、非恶意的干扰。通过借助中继通信网络，扩展通信的有效覆盖范围，提高通信的可靠性，完成各通信系统间的信息交互等。利用无人机作为中继节点，也可以更好地解决自组织网网络连通性发生下降甚至恶化的问题。

#### 第八章 导航的基本知识

- 导航的基本手段：卫星导航、惯导、无线电导航、图形匹配导航、UWB 导航、WIFI 导航。
- 导航的分类：单一导航与组合导航、自主式导航与非自主式导航、有源导航与无源导航、近程导航与远程导航。

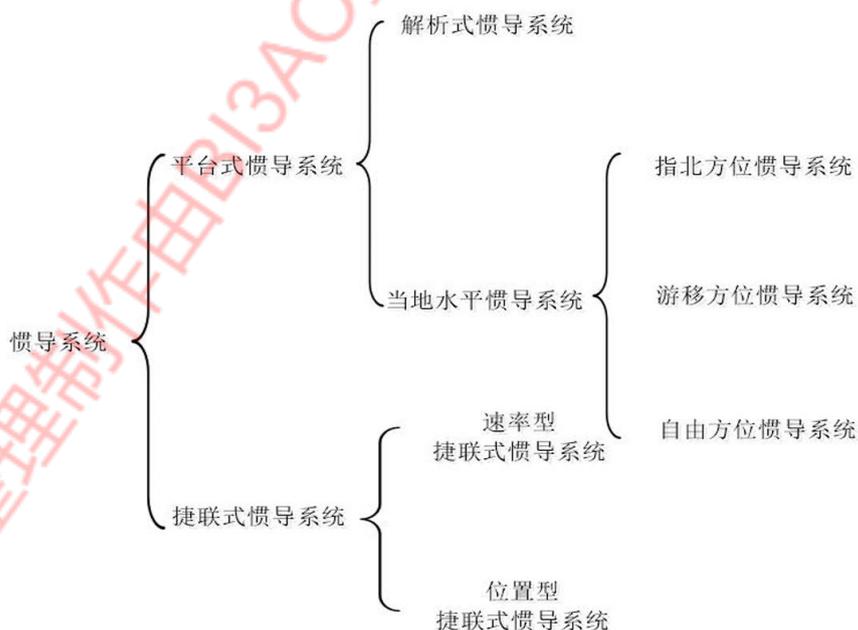
#### 第九章 卫星导航

- 卫星导航：GPS、格洛纳斯、伽利略、北斗导航。
- 卫星导航定位原理：采用对时间或相位测量获得距离（差）的方式进行定位。接收卫星信号与发送卫星信号之间存在频率差，是由无线电信号的多普勒频移效应带来的结果，根据多普勒频移曲线，就可以确定用户的运动参数。
- GNSS：全球导航卫星系统，是一种全球、全天候、全天时、高精度的无线电导航系统，能提供三维位置、速度和时间信息。
- GNSS 系统组成：空中卫星、地面监控系统、用户接收机。
- GNSS 定位可理解成动态空中后方交会，在已知卫星位置又同时测定到至少 4 颗卫星距离接收机的距离后，即可定位。
- 伪距测量（伪距定位法）：测量测距码信号到达接收机的伪距（误差存在，非几何距离）。
- 载波相位测量（载波相位法）：测量卫星载波信号与接收机的参考信号之间的相位差。
- 地面监控系统任务：监视卫星的运行、确定 GPS 的时间、跟踪并预报卫星的星历和状态、向每一颗卫星的数据存储器注入卫星导航数据。
- 地面监控系统的组成：一个主控站、三个注入站、五个监测站。
- 主控站的主要任务：根据地面监测站跟踪的观测数据，计算各个卫星的轨道参数、时间参数预计大气层的修正参数，编制导航电文并注入到每个卫星；调整偏离轨道的卫星，启用备用卫星。
- 监测站任务：在主控的控制下，自动跟踪采集各种数据。

- 注入站任务：将主控站发来的导航电文注入到相应的卫星存储器上。
- 格洛纳斯：冷战的产物、采用频分多址 FDMA 方式识别卫星。
- 伽利略：第一个纯民用的卫星导航定位系统，提高卫星导航定位的完好性、可用性和精度，促进欧洲经济发展，提高欧洲在航空工业的国际地位，降低对 GPS 的依赖。
- 北斗系统的特点：分阶段实施，由亚太覆盖至全球；全系统三频民用信号；短报文通信功能；高中轨分层布设；星间链路系统。

### 第十章 惯性导航

- 惯性导航：利用惯性器件来测量运载体的加速度、角速度，经过运算得到载体的速度、位置和姿态等信息。常见的惯性器件有加速度计和陀螺仪等，有时也会用到磁力计和高度计。
- 惯性导航的缺陷：定位误差会随时间逐渐积累变大，长时间工作会产生很大的积累误差。
- 惯性导航的原理：利用惯性敏感元件来测量运载体本身的线运动参数和角运动参数，在给定初始地理位置坐标和初始速度下，经过运算得到载体的三维速度、三维位置和角位移。
- 陀螺仪：绕一个支点高速转动的刚体称为陀螺。常见的陀螺都是对称陀螺，是一个质量均匀分布的、具有轴对称形状的刚体，其几何对称轴就是它的自转轴。
- 陀螺仪的旋进：绕着除对称轴外另一个固定的转轴不停地旋转。
- 陀螺仪原理：陀螺仪在工作时要给它一个旋转力，使它能够快速旋转起来。当有外力作用时，旋转轴向就会发生变化，可以读取旋转轴所指示的方向，并将反映该方向的数据或信号输出出来，从而得到载体受力的方向角度。
- 转子陀螺仪的定轴性：当陀螺转子高速旋转后，若不受外力矩的作用，不管基座如何转动，支撑在万向支架上的陀螺仪自转轴，指向惯性空间的方位不变。
- 转子陀螺仪的章动：陀螺受到瞬时冲击力矩以后，自转轴在原为附近作微小的圆锥运动，其转子轴的大方向基本不变。
- 转子陀螺仪的进动性：当陀螺受到外力矩作用时，陀螺仪不沿着外力矩作用的方向转动，而是在外力矩矢量方向和自转轴组成的平面内运动。
- 速率陀螺仪：激光陀螺和光纤陀螺应用了萨格纳克效应。
- 加速度计原理：加速度计通过感受加速力，来测量目标载体在三维空间的平移运动的加速度，然后据此推算出载体的运行速度和运动距离等导航信息。
- 加速度计的种类：压阻式、电容式、扭摆式和隧道式微加速度计。
- 惯性导航系统的分类：平台式（基于三轴惯性平台），捷联式（基于计算机的数学平台）。



## 第十一章 其他导航

· 无人机导航方式：无线电导航；图形匹配导航；地磁导航；视觉导航；天文导航；UWB 导航；WiFi 导航

## 第十二章 导航系统的组合应用

· 组合导航：把两种或两种以上不同工作方式的单一导航系统组合在一起。最常见常用的组合导航是卫星导航系统和惯性导航系统的组合；或是惯导+X 的系统。

· 组合导航系统基本原理：通过对两种或多种导航系统测量或输出信息进行综合处理（卡尔曼滤波），以获得更高精度和可靠性。

· 组合导航系统的特点：协合超越、性能互补、互为余度。

· 组合导航的基本思想：多种导航的输出量进行比较，通过卡尔曼滤波器对导航参数进行实时估计，使用适当的校正方法对系统进行修正，以获得更高的导航精度。

· 卡尔曼滤波状态估计：对受到随机干扰合随机测量误差作用的物理系统，按照某种性能指标为最优的原则，从具有随机误差的测量数据中提取信息，估计出系统的某些参数状态变量。

· 状态估计的分类：对目标过去运动状态进行平滑，对现在进行滤波，对未来进行预测。

· 状态估计主要过程：系统建模，定义准则，求解。

· 卡尔曼滤波的准则：是一种递推线性最小方差估计。

· 利用卡尔曼滤波解决组合导航问题：选取状态量，列写状态方程；选取量测量，列写量测方程；连续体系离散化；利用卡尔曼滤波方程递推估计出状态；利用估计出的状态的到导航参数。