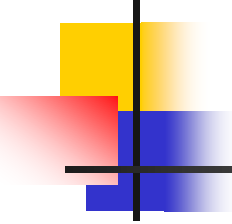


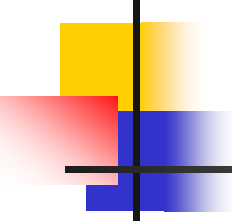
第一章 无线通信系统概述

- 基站 (BS)
- 前向信道 (下行链路, **BS->MS**)
- 反向信道 (上行链路, **MS->BS**)
- 无线设备的射频工作方式
 - 1) 单工: 只能单向通信, 例: 寻呼系统。
 - 2) 半双工: 支持双向通信, 但同一设备收、发不能同时进行, 特征——PTT开关, 例: 对讲机。
 - 3) 全双工: 效果上, 同一设备收、发同时进行, 例: 手机。



第一章 无线通信系统概述

- 全双工分为：频分双工（**FDD**）和时分双工（**TDD**）
- **FDD**：用不同载频来区分两个通信方向，例：AMPS、GSM
- **TDD**：收、发采用同一载频，通过时间上的交替使用同一载频来区分两个通信方向，例：DECT，PHS



第一章 无线通信系统概述

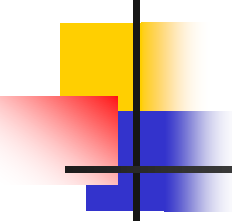
- 用分贝值表示增益、损耗

$$Gain = 10 \lg \frac{P_r}{P_t} \quad Loss = 10 \lg \frac{P_t}{P_r}$$

- 用分贝值表示绝对电平和功率

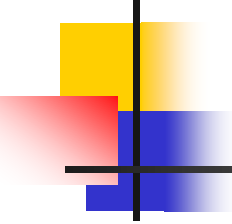
$$\text{功率}(dBm) = 10 \lg \text{功率}(mW)$$

$$\text{电平}(dB\mu V) = 20 \lg \text{电平}(\mu V)$$



例题

- 全双工分为_____和_____。
- FDD / TDD:
- -90dBm 相当于_____mW。
- GSM系统采用_____双工。



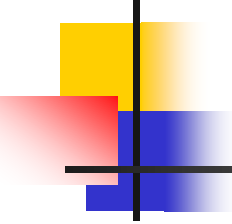
第三章 蜂窝系统概念

- **重要概念：** 频率复用、区群、同频干扰、邻频干扰、越区切换、硬切换、软切换、移动台辅助的切换（**MAHO**）、同频复用比例**Q**、小区分裂、划分扇区、远近效应等等。
- **重要公式：** pp40 式(3.3)&pp46 式(3.4)
- **公式：** 载干比(信干比)计算(FDMA系统)

$$\frac{S}{I} = \frac{1}{6} Q^n = \frac{1}{6} (3N)^{\frac{n}{2}},$$

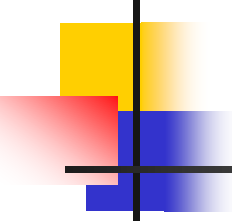
$$n = 4 \text{ 时,}$$

$$\frac{S}{I} = \frac{3}{2} N^2。$$



第三章 蜂窝系统概念

- 为什么采用正六边形作为系统设计和分析时的小区形状？见pp39 Line2~7
- 区群大小 N 不是可以取任何值的，必须服从式(3.3)。
- 同频小区如何确定，见pp40 Line10~11及图3.2。
- 频率复用因子定义为 $1/N(\leq 1)$ ：该因子越大，频率复用程度越高；或者 N 越小，频率复用程度越高。CDMA可以做到 $N=1$ (最小值)，系统提供的所有频道都可以被单个小区使用。从容量提升的角度考虑，希望 N 尽量小。



第三章 蜂窝系统概念

- 固定信道分配时考虑避免邻频干扰的分配方案——等间隔分配法。

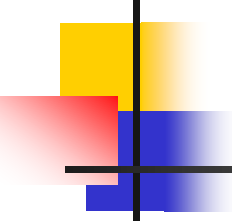
如，信道：1、2、3、4、5、6、7、8、9，频域连续分布。 $N=3$ ，基站A、B、C。则分配方案为：

A: 1, 4, 7;

B: 2, 5, 8;

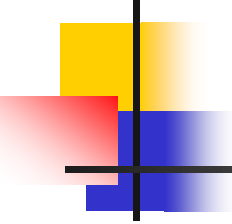
C: 3, 6, 9。

特点：信道号呈等差数列，差为 N 。



第三章 蜂窝系统概念

- 小区分裂和划分扇区分别从什么角度来进一步提高系统容量？
- 小区半径减小一半，BS发射功率下降为原来的 $1/16$ ($n=4$ 时)，参pp59，式(3.20)~(3.22)。
- 划分3扇区以后，第一层同频干扰的数目由6个减少为2个，参pp62，图(3.11)。



例题

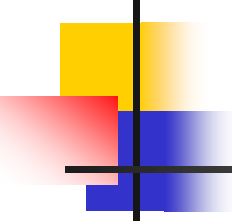
1. 蜂窝网的设计中，区群大小**N**应满足如下公式：

$$N=i^2+i\times j+j^2,$$

其中**i**、**j**取大于等于0的整数，但不同时为0。

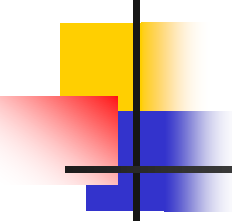
若采用区群大小大于7的**最小规模**区群配置，则
N=_____。这种情况下的同频复用比例
Q=_____。

2. 蜂窝系统中常采用小区分裂的方式来增加系统容量，如果小区半径减小为原来的一半，则在更小的小区上要保证有效覆盖，基站发射功率应减小为原来的_____分之一（假定采用中心激励且传播环境为无阻挡物平坦地面），即发射功率要降低_____ **dB**。



例题

- 3. 蜂窝网的设计中，通常采用正六边形的小区形状，则区群内的小区数 N 应满足_____。若小区半径为 R ，则同频道再用距离为_____。
- 4. 小区的激励方式有_____和_____两种方式。
- 5. 频率复用， 6. 软切换，
- 7. 区群， 8. 远近效应， 9. 同频复用距离（或比例）， 10. 越区切换的过程控制方法有哪些？



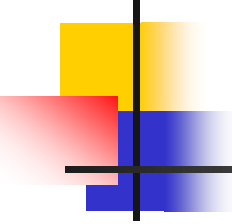
第四章 大尺度路径损耗

- 自由空间模型： 损耗公式pp73 式(4.6), 进而

$$PL(dB)=32.44+20lg f(MHz)+20lg d(km)$$

考虑天线增益是 pp73 式(4.5)。

- 自由空间， **$n=2$!**
- 三种传播机制： 反射、 散射、 绕射； 发生条件及发生原因的物理解释。



第四章 大尺度路径损耗

- 什么是地面反射双线模型(参pp82图4.7)? 其重要性在于对应于无阻挡的平滑地面传播环境, 这是常见的传播环境。pp85式(4.52)与式(4.53), 主要要明确这种环境下, **$n=4(>2)$** 。
- 重要公式: pp95式(4.68)及pp96式(4.69a)
——对数距离路径损耗模型
- 式(4.69a)中的 $X_o(\text{dB})$ 代表阴影衰落的影响, 它服从正态分布, 所以我们常说**阴影衰落服从对数正态分布**。

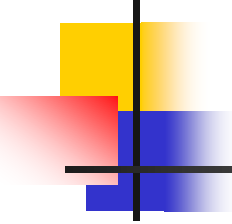
第四章 大尺度路径损耗

- **Okumura模型**：这部分上课讲述的内容与课本上略有差别，主要是公式中各个项的符号不同。课本上的公式为：

$$L_{50}(dB) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{tr}) - G(h_{re}) - G_{AREA}$$

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
损耗 损耗 损耗 增益 增益 增益

- 这里的 $L_F(dB)$ 为自由空间的路径损耗， $A_{mu}(f, d)$ 为准平滑、市区相对于自由空间的损耗修正值，也称作基本中值损耗。 $G(h_{tr})$ 为发射(BS)天线高度增益， $G(h_{re})$ 为接收(MS)天线高度增益， G_{AREA} 为地形、地物增益因子。
注意公式中的损耗与增益的不同。最终的接收功率为发射功率减去路径损耗。



第四章 大尺度路径损耗

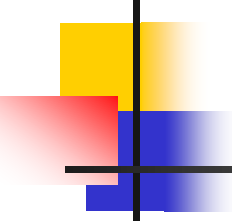
- 并且课本上还给出了基站和移动台的天线高度增益因子的近似的计算公式。

$$G(h_{te}) = 20 \log\left(\frac{h_{te}}{200}\right) \quad 1000m > h_{te} > 30m$$

$$G(h_{re}) = 10 \log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \quad h_{re} \leq 3m$$

$$G(h_{re}) = 20 \log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \quad 10m > h_{re} > 3m$$

- **这部分的要求：**以课本上的公式为准。给出天线高度增益因子的公式可以根据Okumura 模型计算路径损耗。熟悉pp105例4.10



例题

1. Okumura模型中，基准损耗中值是指_____。
该模型中，传播损耗中值的计算公式

为 $L_{50}(dB) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA}$,

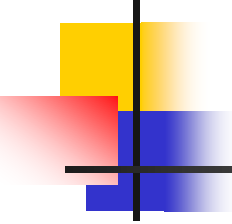
式中最后一项的含义是_____。

2. 无线通信中，电波的三种基本传播机制为_____、
_____和_____。

3. 存在阴影衰落时，路径损耗PL(d)表示为：

$$PL(d) = \overline{PL}(d) + X_\sigma$$

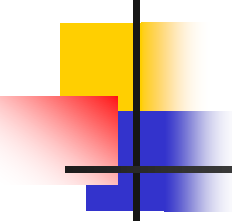
其中， X_σ 以dB计时满足_____分布。



例题

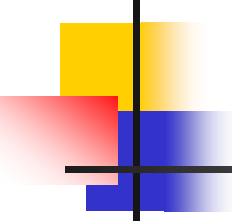
4.阴影效应

5.边缘覆盖概率 / 面积覆盖概率



第五章 小尺度衰落和多径效应

- **重要概念：**多径效应、多普勒效应、时间色散、频率色散、相关带宽、相干时间、均方根时延扩展、功率延迟分布、平坦衰落、频率选择性衰落、快衰落、慢衰落、瑞利衰落、莱斯衰落等等。
- 小尺度衰落的主要效应，见pp122，Line8~10。
- 多普勒频移的计算，要明确何时频移为正、何时为负，会计算多普勒频移。
- pp138~139 例5.4与例5.5。当信号带宽大于信道的相关带宽时，由于时延扩展引起的码间干扰不可忽略就需要采用均衡器。

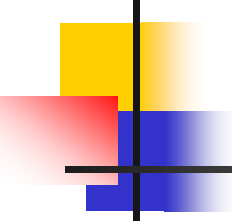


第五章 小尺度衰落和多径效应

- 小尺度衰落效应对数字通信的符号速率形成的约束（粗略地）：

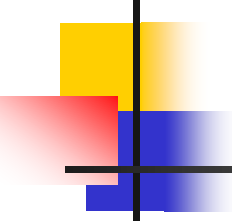
$$1/T_c < R_s < 1/5\sigma_\tau ,$$

符号速率低于前者频率色散导致的失真会较严重；而符号速率大于后者时间色散引起的失真也不可忽略。所以要规避这两种失真符号速率就受到了限制。



第五章 小尺度衰落和多径效应

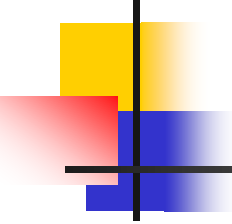
- 相关带宽（f域）和均方根时延扩展（t域）呈倒数关系；相干时间（t域）和最大多普勒频移（f域）也呈倒数关系。这是小尺度衰落信道描述中的两组对偶关系。
- pp141 图5.11关于小尺度衰落的分类很重要。要搞清楚含义。
- 瑞利分布是莱斯分布的特例，对应于无线传播，二者的差别在于是否存在视距(LOS)分量。



例题

1. 基于多径时延扩展，小尺度衰落可分为平坦衰落和_____衰落。对于平坦衰落，当存在视距（LOS）传播路径时，接收信号的幅度将服从_____分布。

2. 从多径时延扩展的角度看，平坦衰落发生的条件是_____，频率选择性衰落发生的条件是_____；从多普勒频率扩展的角度看，快衰落发生的条件是_____，慢衰落发生的条件是_____。



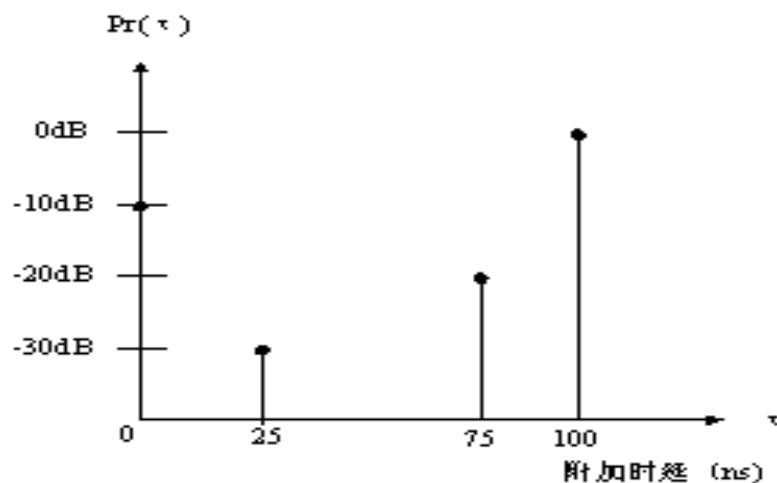
例题

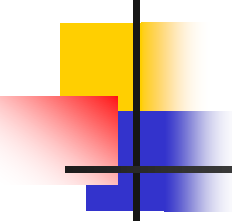
3. 对于平坦衰落，在满足_____条件时，其接收信号包络服从于Rayleigh分布，在满足_____条件时，其接收信号包络服从Ricean分布。

4. 在无线移动通信中，信道引起码间干扰的主要原因是_____。

例题

5. 下图是某种室内环境下的功率延迟分布，请计算平均附加时延 $\bar{\tau}$ 、rms时延扩展 σ_{τ} 。假设某种特定的调制方式在 $\sigma_{\tau}/T_s \leq 0.1$ 时，能提供合适的误比特率。试确定不需要均衡器的最小符号周期。



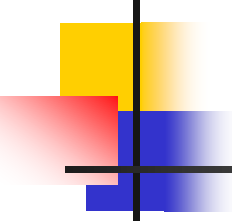


例题

6. 以下两种实际移动通信系统：

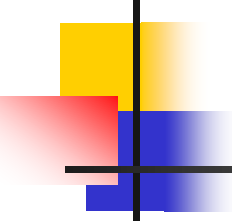
- (1) AMPS模拟蜂窝系统，采用FDMA方式，信道带宽为30kHz；
- (2) GSM数字蜂窝系统，采用TDMA方式，信道带宽为200kHz；

假定信道的均方根时延扩展 σ_τ 为 $1.37\mu\text{s}$ ，信道的相干带宽近似为： $B_c=1/(5\sigma_\tau)$ ，试分别说明这两个系统是否需要均衡器才能正常工作？为什么？



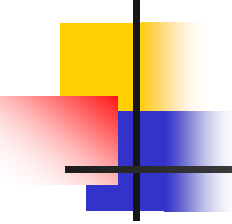
第六章 调制技术

- **重要概念：**功率效率、带宽效率
- 数字信号带宽与码元速率之间的关系：
基带功率谱第一零点等于 R_s （基带信号为NRZ信号时，参pp196图6.13(a)），**线性调制后射频带宽等于基带带宽的两倍，即 $2 R_s$ 。**
- 脉冲成形技术的主要目的是通过基带的预滤波使得射频已调信号的带宽可以满足移动通信的要求（尽量窄的主瓣，尽量低的旁瓣）。主要有升余弦滤波和高斯滤波两种，都是低通滤波器，其中前者还可以消除码间干扰。



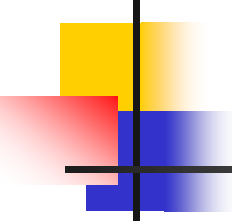
第六章 调制技术

- 升余弦滤波常与线性调制结合使用，具体使用时采用平方根升余弦滤波器；高斯滤波器常与MSK调制结合，称为GMSK。
- 两种实际调制方式 $\pi / 4$ DQPSK和GMSK，前者主要掌握与QPSK和OQPSK的差别，熟悉其星座图和相位转移图，熟悉并理解差分编码公式 pp213~214 式(6.81)与(6.82)、(6.83)。例6.9（勘误： pp215 Line4 φ_2 应该是 θ_2 ），注意在书上用 φ 代表前后码元的相位差， θ 代表某码元的相位！



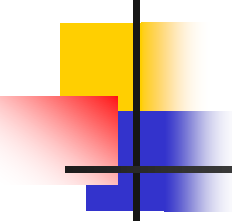
第六章 调制技术

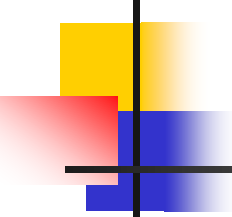
后者，主要熟悉MSK的定义（ $h=1/2$ ，连续相位的BFSK），特点。相位路径图和相位网格图。了解高斯滤波器通过人为引入码间干扰换取了GMSK的频谱特性，只要所带来的误码性能下降是不大的，这种牺牲是值得的。了解高斯滤波器BT的含义。



第六章 调制技术

- 线性调制的优缺点 pp205
- 恒包络调制的优缺点 pp217
- 理解pp221 图6.38
- 知道正交幅度调制(QAM), pp227
- 扩频技术定义。两种基本的扩频技术——DSSS与FHSS, 分别如何扩频?
- DSSS是CDMA的基础。DS扩频增益如何定义? 多址应用时, 扩频码选取原则?

- 
-
- OFDM技术抗码间串扰的原理
 - 循环前缀在OFDM中的作用
 - OFDM中的同步问题
 - OFDM的峰均比问题



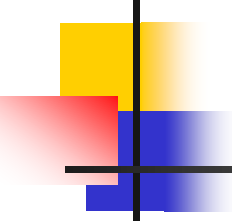
例题

1. QPSK 调制相邻码元的最大相位跳变量为_____。OQPSK调制可以将最大相位跳变量缩减到_____。

2. 以下调制方式中属于非线性调制的有_____。

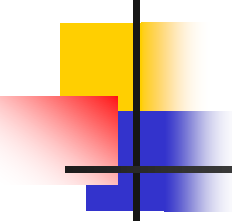
(1) 模拟调相；(2) $\pi/4$ DQPSK；(3) GMSK；(4) 2ASK。

3. 若二进制基带码元周期用 T_s 表示，伪随机序列的码片速率用 T_c 表示，则直接序列扩频的扩频增益定义为 $G=_____$ 。



例题

4. 在采用QPSK调制的通信系统中，试设计输入码元与载波相位之间的对应关系，使得相干接收错误概率达到最小。写出 $\pi/4$ DQPSK信号映射后， I_k 和 Q_k 的递推公式。
5. 请分别指出线性调制和非线性调制的优、缺点。



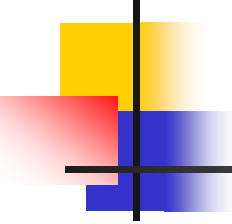
例题

6. 在无线通信系统中，选择数字调制方式时，需要考虑哪些因素？

7. 简述脉冲成形技术的作用是什么？

8. 恒包络调制一般属于_____（线性、非线性）调制。OQPSK调制在每个比特转换时刻的相位跳变最大为_____。

9. MSK调制是一种相位_____的2FSK调制，其已调信号相位在每比特时间里线性增加（或减小）_____。



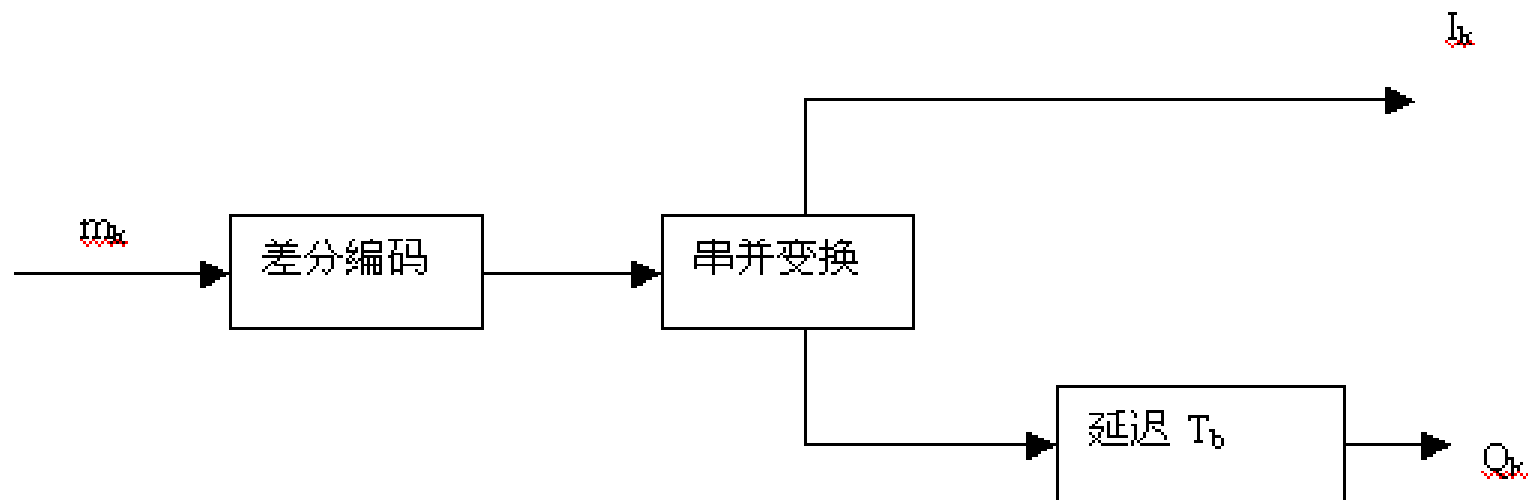
例题

10. MSK正交调制器采用下面的框图得到两路正交的基带信号。其中 I_k 和 Q_k 为双极性不归零信号。已调信号表示为：

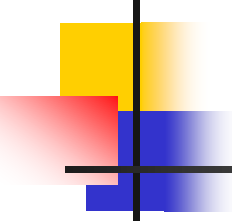
$$S_{MSK}(t) = I_k \cos\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right) \cos(2\pi f_c t) + Q_k \sin\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right) \sin(2\pi f_c t), kT_b \leq t \leq (k+1)T_b$$

假设输入信息序列 m_k 为10011010，始于 $t=0$ ，并假定 $t=0$ 时的相位为0。试画出MSK的相位路径图，并说明如何保持相位的连续变化。

例题

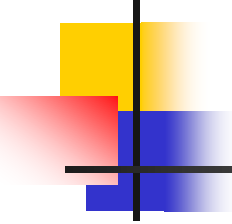


11. 不考虑基带滤波，且基带信号比特率相等，
则MSK已调信号的频谱主瓣比QPSK已调信号的
频谱主瓣_____（宽/窄），但其旁瓣衰减
比QPSK_____（快/慢）得多。



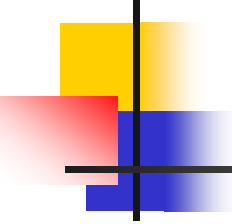
第七章 抗衰落技术

- 衰落信道（尤其是小尺度衰落）会引起接收信号的电平起伏（波动）和码间干扰。主要讨论了三种抗衰落技术。**1.分集；2.均衡；3.交织。**要明确它们分别从什么角度去对抗衰落的影响。
 - 分集的含义、微分集分类、三种基本合并方式及其对信噪比的改进程度，为什么？
 - Rake接收是一种隐时间分集，如何实现？
- pp274 7.11



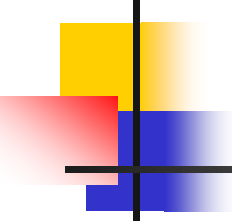
第七章 抗衰落技术

- 均衡原理，自适应均衡器的两种工作模式。pp250~251 式(7.1)~(7.5)，pp251 图7.1。
- 交织与差错控制编码一起对抗衰落引起的突发错误。信道编码 / 交织、解织 / 信道译码是系统中发、收两端它们出现的正确次序，为什么？分组交织如何实现？（这部分以上课内容为准）。



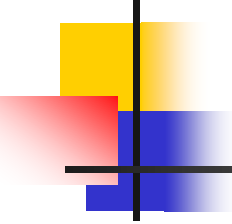
例题

1. 就微分集而言，其信号合并方式主要有三种，即_____、_____和_____。
2. 请写出交织技术的作用和基本原理。在确定交织器的大小时，应考虑哪些因素的影响？
3. 请说明线性均衡器的基本工作原理。
4. 试说明分集技术中常用的合并方式有哪些，并分别说明其含义。



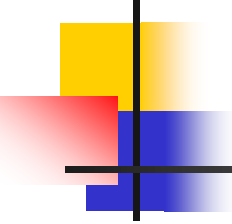
第九章 无线通信多址接入技术

- 多址的概念。
- 常用的允许冲突的MA
 - 纯ALOHA (Pure ALOHA)
 - 时隙ALOHA (Slotted ALOHA)
 - 载波侦听多址 (CSMA)



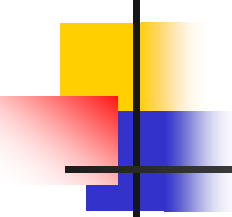
第九章 无线通信多址接入技术

- 常用的不允许冲突的MA
 - FDMA（频分多址）
 - TDMA（时分多址）
 - CDMA（码分多址）
 - SDMA（空分多址）
- 需要了解这些多址方式划分信道的方式。



第九章 无线通信多址接入技术

- GSM帧结构中的保护间隔的概念和为什么要留保护间隔。
- CDMA系统中，扩频码应具有的具有的特点：
 - 应该是伪噪声（PN）码，即具有近似于噪声的功率谱密度，也就是要求扩频码在时域具有强的自相关峰值；
 - 码族中各个码字间具有良好的互相关特性，即要求接近于零的互相关值；
 - 码族之中应包含足够数量的扩频码。



例题

1. 常用的无冲突多址方式有_____、
_____和_____。
2. 简述ALOHA和时隙ALOHA的区别。
3. 简述FDMA、TDMA和CDMA三种基本多址方式中划分信道的方式。
4. 在TDMA系统的时隙中，设置保护间隔的作用是什么？若小区半径为 r ，信道信息速率为 R_b ，试计算保护间隔需要设置多少比特。