

第5章

5.1 课件习题

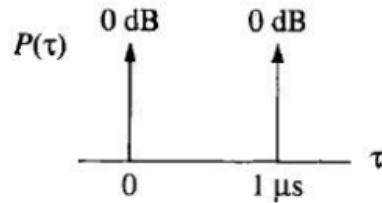
题：（例5.1）

答：

题：求下列情形下的最大多普勒偏移

答：

题：（例5.4）某信道的PDP如图：



（1）计算以下功率延迟分布的方均根时延扩展

答：

$$\begin{aligned}\bar{\tau} &= \frac{1}{1+1} \cdot 0 + \frac{1}{1+1} \cdot 1 \mu s = 0.5 \mu s \\ \overline{\tau^2} &= \frac{1}{1+1} \cdot 0^2 + \frac{1}{1+1} \cdot 1^2 = 0.5 \mu s^2 \\ \sigma_\tau &= \sqrt{\overline{\tau^2} - (\bar{\tau})^2} = \sqrt{0.5 - 0.5^2} = 0 \mu s\end{aligned}$$

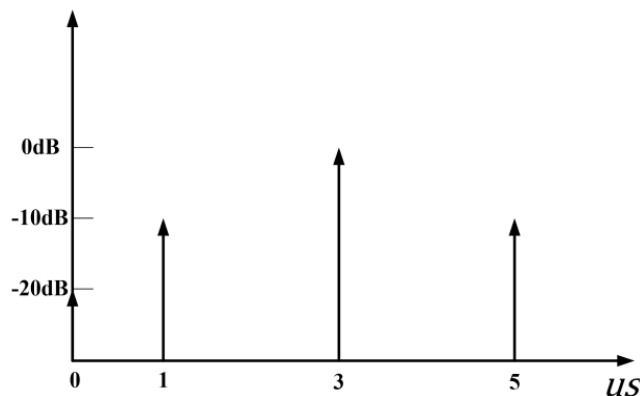
（2）如果使用BPSK调制，那么在不使用均衡器的前提下，通过此信道的最大比特速率为多少？

（注：相干带宽 $B_c = \frac{1}{10\sigma_\tau}$ ）

答：

$$B = R_s < B_c = \frac{1}{10\sigma_\tau} = \frac{1}{10 \times 0.5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^5$$

题：某信道的PDP如下：



（1）计算此信道的 方均根时延扩展

答：

$$\begin{cases} 0dB \Rightarrow 1 \\ -10dB \Rightarrow 0.1 \\ -20dB \Rightarrow 0.01 \end{cases}$$

$$\bar{\tau} = \frac{0.01}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 0 + \frac{0.1}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 1 + \frac{1}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 3 + \frac{0.1}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 5 = 2.97521 \mu s$$

$$\overline{\tau^2} = \frac{0.01}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 0^2 + \frac{0.1}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 1^2 + \frac{1}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 3^2 + \frac{0.1}{0.01 + 0.1 + 1 + 0.1} \cdot 5^2 = 9.58678 \text{ } \mu\text{s}^2$$

$$\sigma_\tau = \sqrt{\overline{\tau^2} - (\bar{\tau})^2} = \sqrt{9.58678 - 2.97521^2} = 0.857266 \text{ } \mu\text{s}$$

(2) 计算此信道的 相干带宽

答:

$$B_c = \frac{1}{5\sigma_\tau} = \frac{1}{5 \times 0.857} = 0 \text{ } MHz$$

题: 已知信道平均功率延迟分布为:

$$f(\tau) = 2 \exp\left(-\frac{\tau}{10^{-6}}\right)$$

求该信道的方均根延迟扩展

答:

$$\text{对 } f(\tau) \text{ 归一化可得 } f_1(\tau) = \frac{f(\tau)}{\int_0^{+\infty} f(\tau) d\tau} = \frac{f(\tau)}{2 \times 10^{-6}} = \frac{1}{10^{-6}} \exp\left(-\frac{\tau}{10^{-6}}\right)$$

$$\bar{\tau} = \int f_1(\tau) \tau d\tau = 1 \text{ } \mu\text{s}$$

$$\overline{\tau^2} = \int f_1(\tau) \tau^2 d\tau = 2 \text{ } \mu\text{s}^2$$

$$\sigma_\tau = \sqrt{\overline{\tau^2} - (\bar{\tau})^2} = 1 \text{ } \mu\text{s}$$

题: 以 60mph 行驶的汽车, 若通信载频为 900MHz, 则只要符号速率符合什么条件, 就不会因为运动的原因而导致失真?

答:

$$v = 60 \text{ } mph = \frac{60 \times 1.6 \times 10^3}{3600} = 26.6667 \text{ } m/s$$

$$f_c = 900 \times 10^6 \text{ } Hz$$

$$f_d^{\max} = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{c} f = \frac{26.67}{3 \times 10^8} \times 900 \times 10^6 = 80.01 \text{ } Hz$$

$$T_c = \frac{9}{16\pi f_d^{\max}} = 2.24 \times 10^{-3}$$

$$T_s < T_c \Rightarrow R_s = \frac{1}{T_s} > \frac{1}{T_c} = \frac{1}{2.24 \times 10^{-3}} = 446.429 \text{ } (s^{-1})$$

题: (例5.6) 在进行小尺度传播测量时, 需要确定适当的空间取样间隔, 以保证连续取样值之间有很强的时间相关性。已知: 速度 $v = 50m/s$, 载频 $f_c = 1900MHz$, 请问移动10m内, 需要采样多少次?

答:

$$f_d^{\max} = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{c} f = \frac{50}{3 \times 10^8} \times 1900 \times 10^6 = 316.667 \text{ } Hz$$

$$T_c = \frac{9}{16\pi f_d^{\max}} = 0.000565 \text{ } s$$

$$T_s < T_c$$

$$\text{移动10m所需时间 } T = \frac{10m}{50m/s} = 0.2 \text{ } s$$

$$\text{采样点数 } a = \frac{T}{T_s} > \frac{T}{T_c} = \frac{0.2}{0.000565} = 353.982$$

$$PPT \text{ 参考答案中, 选择 } T_s = \frac{T_c}{2} = \frac{0.000565}{2} = 0.0002825 \text{ } s$$

$$\text{采样点数 } a = \frac{T}{T_s} = \frac{0.2}{0.0002825} = 707.965$$

题：某瑞利信道 $\sigma^2 = \frac{1}{2}$

(1) 计算信道衰减超过20dB的概率

答：

$$f_A(a) = \frac{a}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{a^2}{2\sigma^2}\right) = 2a \exp(-a^2)$$

$$\text{信道衰减} > 20dB \Rightarrow \text{功率增益} < 0.01 \Rightarrow a < 0.1$$

$$Pr_1 = \int_0^{0.1} 2a \exp(-a^2) da = 1 - e^{-0.01} \approx 0.01$$

(2) 计算相位偏差位于 $[-\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{3}]$ 的概率

答：

$$Pr_2 = \frac{\frac{\pi}{3} - (-\frac{\pi}{3})}{\pi - (-\pi)} = 0.333333$$

题：某瑞利衰落信道的平均接收功率为 $\overline{P_r} = 20dBm$ ，求接收功率低于10dBm的概率

答：

$$\begin{cases} 20dBm \Rightarrow 100mW = 0.1W \\ 10dBm \Rightarrow 10mW = 0.01W \end{cases}$$

$$f_P(p) = \frac{1}{\overline{P}} e^{-\frac{p}{\overline{P}}} = \frac{1}{0.1} e^{-\frac{p}{0.1}}$$

$$Pr = \int_0^{0.01} \frac{1}{0.1} e^{-\frac{p}{0.1}} dp = 1 - e^{-0.1} = 0.0951626$$

题：某瑞利衰落信道，计算接收信号功率低于平均功率 20dB、6dB、3dB 的概率

答：

$$\begin{cases} -20dB \Rightarrow 10^{-\frac{20}{10}} = 0.01 \\ -6dB \Rightarrow 10^{-\frac{6}{10}} = 0.25 \\ -3dB \Rightarrow 10^{-\frac{3}{10}} = 0.5 \end{cases}$$

$$Pr_1 = \int_0^{0.01\overline{P}} \frac{1}{\overline{P}} e^{-\frac{p}{\overline{P}}} dp = \int_0^{0.01} e^{-p} dp = 1 - e^{-0.01} = 0.00995017$$

$$Pr_2 = 1 - e^{-0.25} = 0.221199$$

$$Pr_3 = 1 - e^{-0.5} = 0.393469$$

题：通信系统参数如下：

1. 收发双方均为理想全向天线

1. 发射功率 $P_t = 30dBm$

2. 接收机灵敏度 $P_{r,th} = -80dBm$

3. 中断率门限 $Pr_{out,th} = 5\%$

2. 载频为 $f_c = 2GHz$

3. 信道

1. 大尺度：路径损耗系数为2，不考虑阴影效应

2. 小尺度：瑞利信道

请问：该系统的最大覆盖距离？

答：

$$P_t + PL - FM \geq P_{r,th}$$

$$FM \approx \frac{1}{5\%} = \frac{1}{0.05} = 2 = 13dB$$

$$\Rightarrow PL \geq P_{r,th} - P_t + FM = -97dB = 10^{\frac{-97}{10}} = 1.99526 \times 10^{-10}$$

$$PL = \frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 d_{\max}^2} \geq 1.99526 \times 10^{-10}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^9} = 0.15m$$

$$d_{\max} \leq \sqrt{\frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 \cdot 1.99526 \times 10^{-10}}} = 845m$$

题：当一个接收机处于深度信道衰落中，它至少需要移动多远的距离，才有可能从深度衰落中出来？

答：

题：（例5.2）用离散信道冲激响应作为市区射频无线信道和微蜂窝信道的模型，其最大附加时延分别为 100us 和 4us；若多径时延段固定为 $N = 64$ ，求 $\Delta\tau$ 和分析带宽（射频最大带宽）

答：

$$\Delta\tau = \frac{\tau_{\max}}{N} = \begin{cases} \frac{100}{64} = 1.5625 \text{ } \mu s & (\tau_{\max} = 100 \text{ } \mu s) \\ \frac{4}{64} = 0.0625 \text{ } \mu s & (\tau_{\max} = 4 \text{ } \mu s) \end{cases}$$

$$B_{sys} = \frac{2}{\Delta\tau} = \begin{cases} \frac{2}{1.5625} = 1.28 \text{ } MHz & (\tau_{\max} = 100 \text{ } \mu s) \\ \frac{2}{0.0625} = 32 \text{ } MHz & (\tau_{\max} = 4 \text{ } \mu s) \end{cases}$$

5.2 作业习题

题5.6：

答：

题5.7：如果一个BPSK调制的RF载波器，其传输的比特速率为 $R_b = 100 \text{ Kbps}$ 的基带二进制消息，回答以下问题：

- 确定接收到的平坦衰落信号所需要的信道延迟扩展的均方根（rms）值的范围。
- 如果调载波的频率是 5.8 GHz，则信道的相关时间是多少？假设车辆的行驶速度是每小时30英里。
- 根据(b)中的结果，该信道是“快”衰落还是“慢”衰落？
- 根据(b)中的结果，该信道处于“静态”时发送多少数据比特？

答：

题5.11：

答：

题5.15：一台移动接收机频率为 860 MHz，移动速率为 100 km/h。

- 发送 CW 信号时，画出多普勒频谱草图，标明最大及最小频率。
- 如果 $\rho = -20 \text{ dB}$ 时，算出电平通过率及平均衰落持续时间。

答：

题5.28：

答:

题5.30:

答:

