

第3章

3.1 课件习题

题：一个FDD蜂窝电话系统，总带宽为33MHz，使用两个25kHz作为双向的语音和控制信道，当系统为

(a) 4小区复用、(b) 7小区复用、(c) 12小区复用的情况时：计算每一小区内可用信道的数目

答：

$$\text{总带宽 } B = 33\text{MHz}$$

$$\text{一个双向信道的带宽 } B_0 = 2 \times 25\text{kHz} = 50\text{kHz}$$

$$\text{系统内双向信道数 } S = \frac{B}{B_0} = \frac{33 \times 10^6}{50 \times 10^3} = 660$$

若簇内小区数 N

$$\text{则每个小区内双向信道数 } k = \frac{S}{N} = \begin{cases} \frac{660}{4} = 165 \\ \frac{660}{7} = 94.2857 \\ \frac{660}{12} = 55 \end{cases}$$

加：如果其中已有1MHz作为控制信道使用，确定在以上三种系统中，每一个小区的控制信道和语音系到的均匀分配方案

答：

$$\text{系统控制信道带宽 } B_1 = 1\text{MHz}$$

$$\text{系统控制信道个数 } S_1 = \frac{B_1}{B_0} = \frac{10^6}{50 \times 10^3} = 20$$

$$\text{系统语音信道个数 } S_2 = S - S_1 = 640$$

$$(1) N = 4 \begin{cases} \text{每个小区的控制信道数 } \frac{20}{4} = 5 \\ \text{每个小区的语音信道数 } \frac{640}{4} = 160 \end{cases}$$

$$(2) N = 7 \begin{cases} \text{每个小区的控制信道数 } \frac{20}{7} = 2.86 \Rightarrow 6\text{个小区} \times 3\text{个控制信道} + 1\text{个小区} \times 2\text{个控制信道} \\ \text{每个小区的语音信道数 } \frac{640}{7} = 91.43 \Rightarrow 4\text{个小区} \times 91\text{个语音信道} + 3\text{个小区} \times 92\text{个语音信道} \end{cases}$$

$$(3) N = 12 \begin{cases} \text{每个小区的控制信道数 } \frac{20}{12} = 1.67 \Rightarrow 4\text{个小区} \times 1\text{个控制信道} + 8\text{个小区} \times 2\text{个控制信道} \\ \text{每个小区的语音信道数 } \frac{640}{12} = 53.33 \Rightarrow 8\text{个小区} \times 53\text{个语音信道} + 4\text{个小区} \times 54\text{个语音信道} \end{cases}$$

题：MS在BS1和BS2之间以 $v = 22\text{m/s}$ 做匀速直线运动，BS1和BS2之间距离为 $d = 2000\text{m}$ ，基站收到的移动台信号功率：

$$P_r(d_i) = P_0 - 10n \lg \left(\frac{d_i}{d_0} \right) [\text{dBm}] \quad (i = 1, 2) \quad (d_i \text{代表MS到BS}_i \text{的距离})$$

$$\begin{cases} \text{断点处功率 } P_0 = 0 \text{ [dBm]} \\ \text{断点距离 } d_0 = 1 \text{ m} \\ \text{路径损耗指数 } n = 2.9 \end{cases}$$

假设：

$$\begin{cases} \text{基站可接受的最小信号强度 } P_{r,\min} = -88 \text{ [dBm]} \\ \text{用于发起切换的门限信号强度 } P_{r,HO} \\ \text{完成切换所需时间 } \Delta t = 4.5 \text{ s} \end{cases}$$

(1) 为了保证通话不中断，计算 强度差值 $\Delta = P_{r,HO} - P_{r,\min}$ 的最小值

$$P_{r,\min} = P_0 - 10n \lg \left(\frac{d_{\max}}{d_0} \right)$$

$$\text{可解得 } d_{\max} = 10^{\frac{88}{29}} = 1 \text{ [m]}$$

$$\text{从开始切换到完成切换，} MS \text{ 移动的距离 } \Delta d = v \cdot \Delta t = 22 \times 4.5 = 9 \text{ [m]}$$

$$\text{可知 开始切换时，} MS \text{ 到 } BS1 \text{ 距离最大为 } d_{1,\max} = d_{\max} - \Delta d = 983.64 \text{ [m]}$$

$$(P_{r,HO})_{\min} = P_0 - 10n \lg \left(\frac{d_{1,\max}}{d_0} \right) = -29 \times \lg(983.64) = - \text{[dBm]}$$

$$\Delta_{\min} = (P_{r,HO})_{\min} - P_{r,\min} = 1.21 \text{ [dBm]}$$

(2) 描述 Δ 取值对蜂窝系统性能的影响

题：以带宽为30kHz的AMPS蜂窝系统为例。当 $S/I \geq 18\text{dB}$ 时可以提供好的话音质量，假设路径衰减因子 $n=4$ ，簇的大小应该满足什么条件？

答：

$$18\text{dB} = 10^{\frac{18}{10}} = 63.0957$$

$$\frac{S}{I} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{6} = \frac{(\sqrt{3N})^4}{6} \geq 63.0957$$

$$N \geq 6.48$$

$$\text{取符合 } i^2 + ij + j^2 \text{ 的最小值 } N = 7$$

(取更大的值也可以，但是会造成频谱利用率降低)

题：为了保证蜂窝系统的前向信道具有良好性能，要求的信干比为15dB

求当路径衰减因子 (a) $n=4$ 、(b) $n=3$ 时，要获得最大的容量需要多大的频率复用因子和簇大小？

(假设第一层中有6个同频小区，并且它们与移动台之间的距离都相同) (?) 什么意思？

答：

$$SIR = 15 [dB]$$

$$\frac{(\sqrt{3N})^4}{6} = 15 \Rightarrow N = \sqrt{10} = 3.16228$$

$$\frac{(\sqrt{3N})^3}{6} = 15 \Rightarrow N = 1.49$$

【Erlang B 公式的应用】：一般就是 ABC 知二求一

题：在100个信道上，平均每小时有2100次呼叫，平均每次呼叫时间为2分钟，求这些信道上的流入话务量。

答：

题：（例3.4 P54）在一个LCC系统中，阻塞概率（呼损率）= 0.5%，中继信道数分别为1、5、10、20、100时，该系统能够支持多少用户？（假设每个用户产生0.1Erlang的话务量）

答：（查表）

题：（例3.5 P55）市区有200万人口。一个区域内有三个相互竞争的 中继移动网络（系统A、B、C）提供蜂窝服务：

1. 系统A中 有394个小区，每个小区19个信道；
2. 系统B中有98个小区，每个小区57个信道；
3. 系统C中有49个小区，每个小区有100 个信道

阻塞概率为2%，每个用户每小时平均拨打2个电话，每个电话平均通话时长为3分钟，

求系统所能支持的用户数。

假设上述三个系统都以最大容量工作，计算每个系统的市场占有率。

答：

注：Erlang B 公式是针对某个中继系统而言的，一个中继系统即一个小区，一个移动网络系统内包含若干个中继系统。所以应该先在每个小区内计算（即Erlang B 公式中的信道数C是每个小区内的），再乘系统中包含的小区数量

题：一个蜂窝系统中，每个小区有C = 48条信道，呼损率 为0.02。每个用户的平均话务量为0.04Erlang，小区半径 为1km。如果在一个面积为603平方公里的城市中布设该蜂 窝系统，能够容量多少用户？

答：

注：正六边形的半径指中心点到顶点的距离

题：（例3.9 P62）

答：

3.2 作业习题

题3.1：证明对于六边形系统，同频复用因子为 $Q = \sqrt{3N}$ ，其中 $N = i^2 + ij + j^2$ 。（提示：利用余弦定理和六边形小区几何学。）

答：

设 六边形小区半径为 R

则 相邻小区中心点的距离为 $\sqrt{3}R$

由同频小区的排列规律：朝某方向走 i 个小区，转过 $\frac{\pi}{3}$ 后走 j 个小区

可知同频小区之间的距离 $D = \sqrt{(i\sqrt{3}R)^2 + (j\sqrt{3}R)^2 - 2(i\sqrt{3}R)(j\sqrt{3}R)\cos(\pi - \frac{\pi}{3})}$

即 $D = \sqrt{3}R \cdot \sqrt{i^2 + j^2 + ij} = \sqrt{3NR}$

则 同频复用因子 $Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$

题3.10：一个FDD蜂窝电话系统分配有24 MHz总带宽，并使用两个30 kHz信道来提供全双工语音和控制信道。设每个小区电话用户的业务量为0.1 Erlang。假设使用Erlang B公式。

(a) 计算在4小区复用系统中每个小区的信道数。

(b) 设每个小区的信道能够达到90%的利用度(也就是说总有90%的信道在被用户使用)，计算当每个基站使用全向天线时，每个小区所支持的最大用户数目。

(c) 如果按照(b)所计算出来的最大用户数同时发起呼叫，计算该系统的阻塞率。

(d) 如果用每个新小区使用 120° 裂向来代替原基站的全向天线。在到达与(c)中相同的阻塞率时，每个小区所能支持的用户总数是多少。

(e) 如果每个小区覆盖 5 km^2 ，在使用全向基站天线时，一个 $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ 的城区环境可以支持多少个用户。

(f) 如果每个小区覆盖 5 km^2 ，在使用 120° 扇区天线时，一个 $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ 的城区环境可以支持多少个用户。

答：

注：题目中说“使用两个30 kHz信道来提供全双工语音和控制信道”，其实并没有考虑控制信道，意思是一条上行（或下行）语音信道带宽为30kHz，则一条全双工语音信道带宽为60kHz

题3.13：

答：

题3.16：市区蜂窝无线系统中的接收机在离发射机 $d = d_0 = 1 \text{ m}$ 处检测到 1 mW 的信号。为了减轻同频干扰的影响，任何基站接收到的其他基站发射机的同频信号必须低于 -100 dBm 。测量确定系统中的路径损耗指数 $n = 3$ 。如果使用7小区复用模型，计算小区半径。如果用4小区复用，小区半径为多少？

答:

题3.27:

答:

题3.29: 略

答: