

蜂窝系统原理

本章将关注蜂窝系统并主要讲解蜂窝通信的基础知识。在一个无线通信系统中,人们非常关注整个系统的用户容量(即整个无线网络所能支持的最大用户数量)。一种通信方案是使用大功率的天线覆盖整个网络,但是这并不是一个好的选择。本章介绍蜂窝网络使系统的容量增加的原理。

3.1 蜂窝系统

大多数商业广播电视系统的设计目标是尽可能多地扩大无线电覆盖面积。这些系统的设计者通常在国家有关部门所规定的最高位置架设天线并使用最大的功率去广播信号。因此,这一天线所用的频率在很大的距离范围内不能复用,否则两个天线发射的信号可能造成干扰并影响信息传输的质量。两个天线间间隔的面积可能远远大于它们所能覆盖的面积。

蜂窝系统采用的是一种截然不同的方法。它用小功率发射机在一个相对小的面积上高效地利用可供使用的频段。设计一个高效率蜂窝系统的关键是将每个可用频段的使用次数在一定区域内最大化。

蜂窝系统可以控制多组低功率的无线电覆盖整个服务区(见图 3-1)。每组无线电为附近的移动设备服务。被每组无线电服务的区域称为小区。每个小区有一定数量的低功率无线电用于小区内的通信。小区内无线电功率会足够大到满足小区内所有移动节点(包括在小区边缘节点)的通信。最初的系统只有较少的使用者,因此采用 28km 的小区半径。在之后的成熟系统中就采用了 2km 来使得频率复用率足够大。

随着系统流量的增加,系统加入了新的小区和信道。如有系统使用一种不合理的小区模式,这将使系统的频谱利用率变得很低,因为同信道之间的干扰会使得信道的复用变得艰难。另外,还会导致一种不经济的设备部署,需要一个小区接着另一个小区去重新部署。因此,每当系统进入建设阶段时,大量的工程量会被用在重新调整传输、切换和控制资源。利用规则的小区模式则可以消除这些困难。

在现实中,小区的覆盖面积是一个不规则的圆形。实际上的覆盖面积由地形及其他一些因素来控制。为设计的目的并做一次近似,我们认为覆盖的面积是一个正多边形。例如,一个常功率的全方向天线,它的覆盖面积将会是一个圆形。为了达到没有死角的

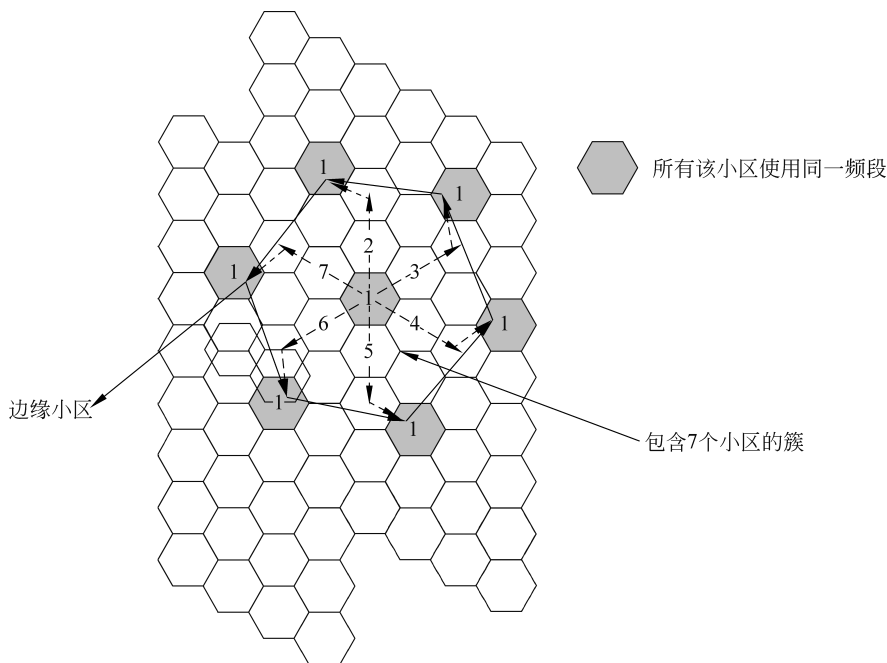


图 3-1 蜂窝系统

全覆盖,需要一系列的正多边形来组成小区。任何正多边形,如正三角形、正方形或是正六边形可以被用于小区设计。正六边形是一个常用的选择,这主要有两个原因:①正六边形的布局需要更少的小区数,同时这也意味着需要更少的天线;②正六边形的布局和其他形状比起来更经济实惠。在实际操作中,常常是在地图上画一系列的正多边形后,利用传输模型计算不同方向的信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)或是利用近似求解的计算机程序。在本章接下来的部分里,我们将假设正多边形是覆盖面积。

一个小区可以由单个基站提供服务,多个小区可组成区群。在蜂窝系统中,区群中各个基站都是以有线连接的方式连接至移动交换中心(Mobile Switching Center, MSC)。与基站相比, MSC 有更强的计算能力,具有更多的功能。因此,绝大多数通信操作都会由 MSC 处理完成。

3.2 移动性管理

虽然蜂窝的方法允许采用低功率发射机和频率复用来增大系统的容量,但是这些优点并不意味着是没有代价的。由于无线通信的显著特征是具有支持用户漫游的灵活性,而小的地理覆盖区域意味着移动用户需要常常从一个小区离开并进入另一个小区。为了保持正在进行的通话的连续性,当移动台从当前服务基站的小区进入另一个覆盖区域时,该链路连接必须从当前服务基站切换到新基站。因此,必须采用一种有效且高效的切换机制来支持业务连续性,并保持端到端的服务质量(Quality of Service, QoS)要求。

执行和管理切换的过程称为切换管理。

蜂窝通信的原理如下：移动主机(Mobile Host, MH)被分配到一个家乡网络,并由一个地址进行区别,该地址称为家乡地址。在家乡网络中,一个称为家乡代理的代理机制跟踪 MH 的当前位置,以便该 MH 的信息向目的地传递。随着 MH 远离其家乡网络,必须保持该 MH 与其家乡代理的联系,以便家乡代理能够跟踪 MH 的当前位置,从而达到传递信息的目的。在蜂窝通信中,跟踪用户的当前位置以保持 MH 与其他家乡代理之间的联系过程称为位置管理。

由于用户的移动性使得切换管理和位置管理成为必需,这些管理功能被认为是移动管理的两个组成部分。

3.2.1 切换管理

在一次通话过程中,当移动台进入不同的小区时,本次通话就必须传递到一个属于新小区的新信道上,这一操作过程称为切换。切换操作包括新基站的识别以及在新基站支持数据和控制信号的信道分配。正如上面所提到的, MSC 具有执行多种不同功能的计算能力,因此,切换操作通常由 MSC 负责完成。MSC 跟踪器管辖所有小区的资源占用情况,当移动台在一次通话期间进入一个不同的小区时, MSC 就会确定新小区中未被占用的可用信道,并做出是否转移链路的决策。如果新基站可以提供用于处理载有信号的信道与控制信号的信道,从而支持切换连接,就会发生切换,否则就不会发生切换。

3.2.2 位置管理

如前所述, MH 总是与分配家乡网络所代理管理的家乡地址联系在一起。当 MH 离开其家乡网络时,就会进入一个称为外部网络的区域,此时, MH 必须通过外部代理向其家乡代理进行注册,从而使家乡代理知道其当前位置,以便消息传递。MH 在开启时向其家乡代理进行注册,当它进入外部网络时,需要通过外部代理向其家乡代理进行注册,即家乡代理与外部代理之间是相互联系的,当家乡代理要向 MH 传递信息时,它会通过外部代理将该信息传给该 MH。在注册过程中,家乡代理需要从外部代理所传递的身份鉴别信息中确认提交注册的移动主机确实属于其管辖范围。验证在注册过程中所提交的身份信息确实属于一个正确的 MH 的过程称为鉴权过程。

3.3 区群和频率复用

相邻同信道小区之间的间隔区域可以设置采用不同频率段的其他小区,从而提供频率隔离。使用不同频率段的一组小区称为一个区群,设 N 为区群的大小,表示其所包含的小区数目。这样,区群中的各个小区就包含可用信道总数的 $1/N$ 。从这个意义上讲, N 也称为蜂窝系统的频率复用因子。

3.3.1 通过频率复用扩大系统容量

假定为每个小区分配 J 个信道 ($J \leq K$), 如果 K 个信道在 N 个小区进行分配, 分成唯一的互不相交的不同信道, 每组 J 个信道, 则

$$K = JN \quad (3-1)$$

总之, 一个区群中的 N 个小区全部可用频率。由于 K 为可用信道总数, 所以由式(3-1)可以看出, 随着分配给每个小区的信道数 J 的增大, 区群尺寸 N 会减小。因此, 通过减小区群尺寸, 就可以提高各个小区的容量。

区群可进行多次复制, 从而形成整个蜂窝通信系统。设 M 为区群复制的次数, C 为采用频率复用的整个蜂窝系统的信道总数, 那么, C 就是系统容量, 可以表示为

$$C = MJN \quad (3-2)$$

如果 N 减小, J 按比例增大以满足式(3-1), 此时, 为了覆盖相同的地理位置, 就必须将更小的区群复制更多次数, 这意味着 M 必须增大。由于 $JN (=K)$ 保持恒定并且 M 增大, 式(3-2)表明系统容量 C 随之增大, 即当 N 最小化时, 得到 C 最大化。3.3.4 节会知道最小化 N 将增大同信道干扰。

3.3.2 频率复用下的小区规划

前面已经指出, 本章的蜂窝通信讨论的是基于正六边形小区的二维排列链。此时, 寻找离特定小区最近的同信道相邻小区的规划如下所述。

确定最近的同信道相邻小区的规划。如下两个步骤可以用来确定最近的同信道小区的位置。

步骤 1: 沿着任何一条六边形链移动 i 个小区。

步骤 2: 逆时针旋转 60° 后再移动 j 个小区。

当 $i=3$ 且 $j=2$ 时, 采用上述规则确定蜂窝系统中同信道小区位置的方法如图 3-2 所示, 图中同信道小区为带有阴影的小区。

蜂窝网络中利用区群实现频率复用的方法如图 3-3 所示, 图中具有相同编号的小区使用相同的频率段, 这些同信道小区必须隔开一定的距离, 使得同信道干扰在指定的 QoS 门限值以下, 参数 i 与 j 是同信道小区之间最近的相邻小区个数的度量。区群尺寸 N 与 i 和 j 的关系可以用如下方程表示:

$$N = i^2 + ij + j^2 \quad (3-3)$$

例如, 在图 3-3(b) 中, $i=1$ 且 $j=2$, 因此, $N=7$ 。区群尺寸 $N=7$ 时, 由于各小区都包含可用信道总数的 $1/7$, 所以频率复用因子为 7。

蜂窝系统的优点如下。

(1) 可以采用低功率发射机。

(2) 允许进行频率复用。

频率复用要求对小区结构进行规划, 从而使得同信道干扰保持在一个可接受的水平。随着同信道小区之间距离的增大, 同信道干扰就会减少。如果小区尺寸一定, 则信

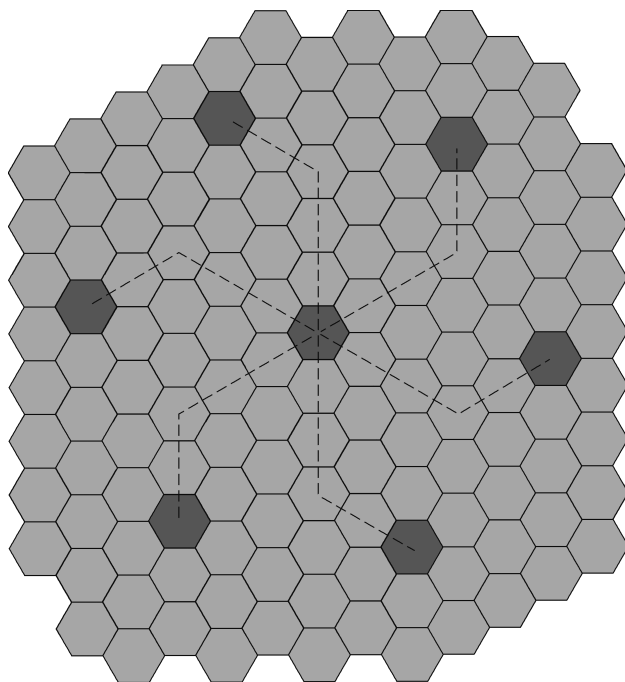


图 3-2 确定蜂窝系统中同信道小区位置的示意图

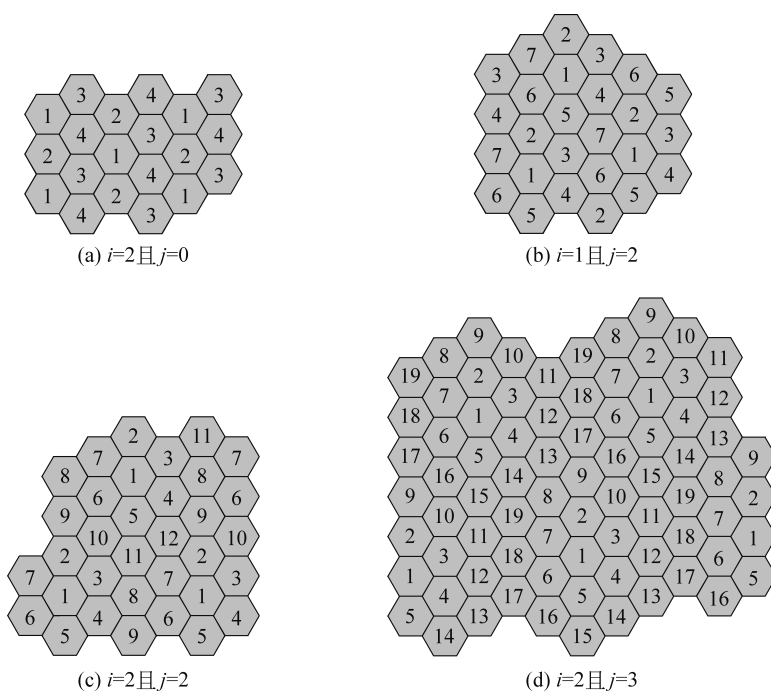


图 3-3 利用区群实现频率复用

号功率与同信道干扰功率之比的平均值将独立于各个小区的发射功率。任何同信道小区之间的距离均可采用六边形小区的几何尺寸进行测量。

3.3.3 六边形小区的几何结构

六边形小区的几何结构如图 3-4 所示,图中 R 为六边形小区的半径(从中心到顶点的距离)。一个六边形有 6 个等距离的相邻六边形。从图 3-4 可以看出,在分蜂窝阵列中,连接任何小区中心及其各相邻小区中心的直线之间的夹角为 60° 的整数倍。注意图 3-4 中 60° 角是指垂直直线与 30° 直线构成的夹角,这两条直线均为连接六边形小区中心的直线。

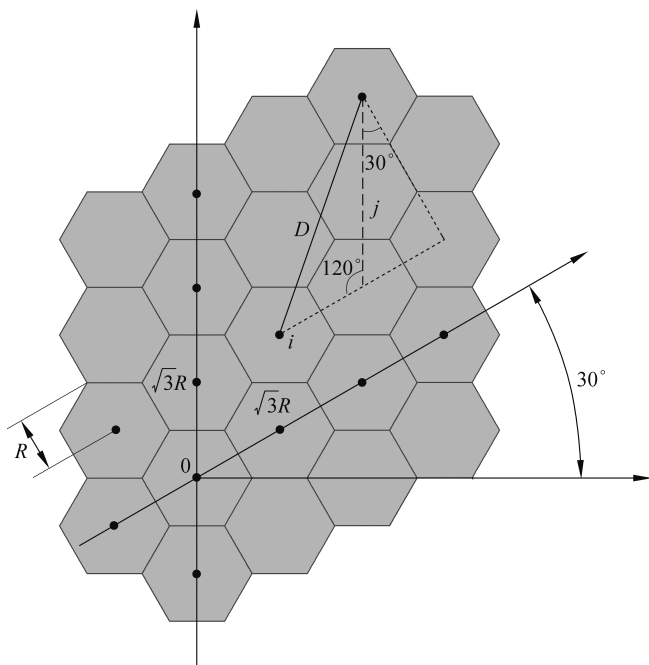


图 3-4 六边形小区的几何结构

在六边形区域中,最近的同信道小区之间的距离可以从图 3-4 所示的几何结构计算出来。为了表示方便,将所研究的小区称为候选小区。两个相邻六边形小区中心之间的距离为 $\sqrt{3}R$ 。设 D_{norm} 为候选小区中心与最近的同信道小区之间的距离,它被两个相邻小区中心之间的距离 $\sqrt{3}R$ 进行了归一化。注意,两个相邻小区之间的归一化距离($i=1$ 且 $j=0$,或者 $i=0$ 且 $j=1$)为单位 1,设 D 为相邻同信道小区中心之间的实际距离,这样 D 就是 D_{norm} 与 R 的函数。

由图 3-4 所示的几何结构,易得

$$D_{\text{norm}}^2 = j^2 \cos^2 30^\circ + (i + j \sin 30^\circ)^2 = i^2 + j^2 + ij \quad (3-4)$$

由式(3-3)和式(3-4)可得

$$D_{\text{norm}} = \sqrt{N}$$

由于两个相邻六边形小区中心之间的实际距离为 $\sqrt{3}R$,因此,候选小区中心与最近的同信道小区中心之间的实际距离为

$$D = D_{\text{norm}} \times \sqrt{3}R = \sqrt{3NR} \quad (3-5)$$

对于六边形小区而言,每个小区都有6个最近的同信道小区,同信道小区分层排列。通常,候选小区被第 k 层的 $6k$ 个小区包围,小区尺寸相同时,各层中的同信道小区都位于由该层同信道小区连接而成的六边形边界上。由于 D 是两个最近的同信道小区之间的半径,那么第 k 层的同信道小区连接而成的六边形的半径为 kD 。 $i=2$ 且 $j=1$ 时的频率复用方案中 $N=7$,其前两层同信道干扰小区如图3-5所示,由该图容易观察到,第一层的半径为 D ,第二层的半径为 $2D$ 。

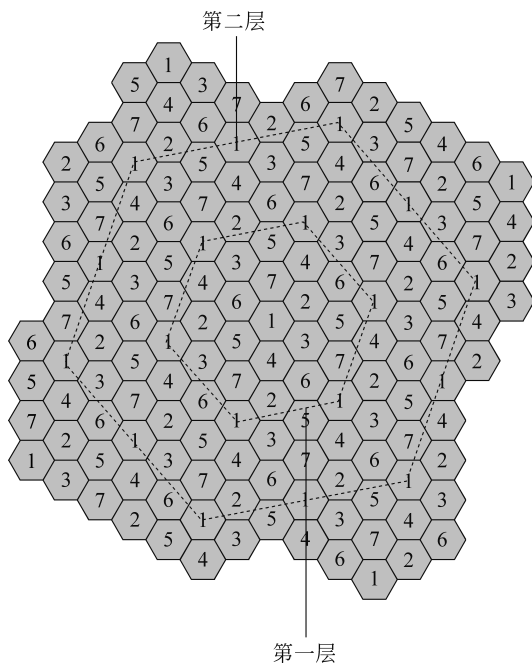


图 3-5 $N=7$ 时的前两层同信道干扰小区

3.3.4 频率复用比

频率复用比 q 定义为

$$q = \frac{D}{R} \quad (3-6)$$

因为频率复用会导致同信道小区的出现,所以 q 也称同信道复用比。

将式(3-5)代入式(3-6)中,得到频率复用比 q 与区群尺寸(或频率复用因子) N 之间的关系为

$$q = \sqrt{3N} \quad (3-7)$$

由于 q 随着 N 的增大而增大,并且小的 N 值影响蜂窝系统容量的增大,同时同信道干扰

也增大,因此,所选择的 q 或 N 应该使得信号与同信道干扰之比保持在可以接受的水平。几种频率复用方案及相应的区群尺寸和频率复用比列于表 3-1 中,以便参考使用。

表 3-1 区群尺寸与频率复用比

频率复用方案(i,j)	区群尺寸 N	频率复用比 q
(1,0)	1	3.00
(2,0)	4	3.46
(2,1)	7	4.58
(3,0)	9	5.20
(2,2)	12	6.00
(3,1)	13	6.24
(3,2)	19	7.55
(4,1)	21	7.94
(3,3)	27	9.00
(4,2)	28	9.17
(4,3)	37	10.54

3.4 同信道与邻信道干扰

在无线通信系统中,前向链路与反向链路所使用的信道在时间或在频率上进行分隔,从而允许双工通信。蜂窝系统能够提供的信道数量是有限的,蜂窝系统的容量就是由这一可利用的信道总数给予定义的。系统容量作为可用信道总数的函数取决于可用信道的分配方式,特别地,如果最近的小区之间的间隔足以使得任意给定频率它们之间的干扰被控制在一个可接受水平之下,那么两个或多个不同的小区就可以采用相同的一段频率或无线信道。采用相同频率段的小区称为同信道小区,同信道小区之间的干扰称为同信道干扰。频率或信道均代表无线资源。

本节讨论蜂窝阵列中候选小区的性能。任一给定的基站可以提供处理许多移动用户业务的能力。基站接收机接收到的来自目标用户的信号通常受同一小区中其他移动台发射信号、背景噪声及相邻小区中移动台发射信号干扰的影响。假定上行链路的传输与下行链路的传输在时域(即时分双工)或在频率(即频分双工)存在适当的间隔,此时,来自另一条链路的传输干扰就可以忽略不计。基站接收机收到的来自相同小区中其他移动台的干扰称为小区内干扰,而来自其他小区的干扰则称为小区间干扰。影响各移动主机接收性能的下行链路的小区间干扰所导致的问题要比基站接收机处上行链路干扰所导致的问题严重得多。其原因可归结为基站接收机比各移动用户接收机更为复杂这一事实。

如果整个蜂窝系统中不同的小区使用不同的频率段,那么小区间干扰就会控制在最

小水平,但是这时的系统容量又会受到限制;为扩大系统容量,必须采用频率复用。另外,频率复用后将引入来自采用相同频率段小区的同信道干扰,因此,需对频率复用进行仔细规划,从而使得同信道干扰保持在可接受的水平。

3.4.1 同信道干扰

无线信道是干扰受限的。除同信道干扰外,其他邻近小区以不同于候选小区的频率运行,所以来自非同信道小区的干扰是最小的。于是,同信道干扰在小区间干扰中起主要作用,这样在评估系统性能时,需将来自同信道小区的干扰考虑进去。为了简化后续分析,我们仅考虑平均信道质量作为与距离有关的路径损耗的函数,而不考虑由传播阴影和多径衰落造成的信道统计特性的细节。

用符号 S 与 I 分别表示接收机解调器输出端的有用信号功率与同信道干扰功率,设 N_i 表示产生同信道干扰的小区数, I_i 表示由第 i 个同信道小区基站的发射信号产生的干扰功率。那么,在移动台接收机处信号功率与同信道干扰功率之比(S/I)为

$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{i=1}^{N_i} I_i}$$

正如 2.4.2 节所讨论的,任一点处的平均接收信号强度按照发射机之间距离的幂指数规律衰减。

设 D_i 为第 i 个干扰源与移动台之间的距离,给定移动台接收到由第 i 个干扰小区产生的干扰与 D_i^{-k} 成正比,其中 k 为路径损耗指数。该路径损耗指数 k 通常由测量确定,在许多情况下,其取值范围是 $2 \leq k \leq 5$ 。

除同信道干扰外,时刻存在背景噪声的影响。但是,在干扰起主要作用的环境中,可以忽略背景噪声。2.4.2 节已经指出,有用接收信号功率 S 正比于 r^{-k} ,其中, r 为移动台与其所属服务站之间的距离。如果所有基站的发射功率相同,并且在整个地理覆盖区域内路径损耗指数相同,则来自第 i 个同信道小区的同信号干扰 I_i ,对所有 i 而言,仅取决于 D_i 与 k 。典型移动台接收机处的 S/I 可以近似为

$$\frac{S}{I} = \frac{r^{-k}}{\sum_{i=1}^{N_i} D_i^{-k}} \quad (3-8)$$

同信道干扰的程度是移动台在其所属小区位置的函数。当移动台位于小区边界(即 $r=R$)时,由于有用信号功率最小,所以此时发生同信道干扰的最坏情况。由于蜂窝系统具有六边形的形状,因此在第一层总存在 6 个同信道干扰小区,如果忽略来自第二层以及更高层的同信道干扰,则 $N_i=6$,在 $r=R$ 的情况下,利用 $D_i \approx D, i=1, 2, \dots, N_i$,有

$$\frac{S}{I} = \frac{(D/R)^k}{N_i} = \frac{q^k}{N_i} = \frac{(\sqrt{3N})^k}{N_i} \quad (3-9)$$

于是,频率复用比可以表示为

$$q = \left(N_i \times \frac{S}{I} \right)^{1/k} = \left(6 \times \frac{S}{I} \right)^{1/k} \quad (3-10)$$

当移动台位于小区边界($r=R$)时,会经历向前信道中同信道干扰的最坏情况,如图 3-6 所示。如果采用移动台与第一层干扰基站之间距离的某种更好的近似,则由式(3-8)可知, S/I 可以表示为

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-k}}{2(D-R)^{-k} + 2D^{-k} + 2(D+R)^{-k}} \quad (3-11)$$

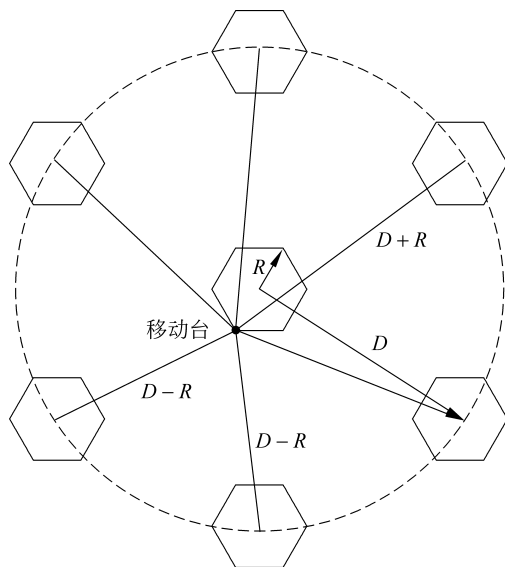


图 3-6 $N=7$ 时同信道干扰的最坏情况

由于 $D/R=q$,当路径损耗指数 $k=4$ 时,式(3-11)可以写为

$$\frac{S}{I} = \frac{1}{2(q-1)^{-4} + 2q^{-4} + 2(q+1)^{-4}}$$

虽然频率复用因子增大后(如从 7 增大到 9)可以获得可接受的 S/I ,但 N 的增大却带来了系统容量的降低,因为 9 个小区复用时提供给各个小区的频率复用率为 $1/9$,而 7 个小区复用时提供给各个小区的频率复用率为 $1/7$ 。容量的下降可能是不允许的,从运营的角度讲,并不要求满足最坏情况,因为这种情况很少发生。最坏情况会以一个很小但不为零的概率发生,从而在通话的某一间隔内造成性能低于规定水平。认识到这一事件后,设计人员通常希望找到最优的折中方案。

3.4.2 邻信道干扰

邻信道干扰(Adjacent Channel Interference, ACI)是由频率相邻信道的功率落入接收邻信道接收机通带内造成的干扰。造成 ACI 的主要原因是接收机滤波器不理想而使邻近频率的功率泄漏。考虑两个使用邻信道的移动用户的上行链路传输,其中一个用户距离基站非常近,另一个用户距离小区边界非常近,如果没有适当的传输功率控制,则来自距离基站近的移动台的接收功率远大于来自远处的移动台的接收功率,这种远近效应会大大增强接收信号对弱接收信号的 ACI。为了降低 ACI,应该:

- (1) 采用带外辐射低的调制方式(例如,MSK 优于 QPSK,GMSK 优于 MSK)。
- (2) 仔细设计接收机前端的带通滤波器。
- (3) 通过将邻信道分配给不同的小区,使用适当的信道交织。
- (4) 如果区群尺寸足够大,就要避免在相邻小区中使用邻信道,从而进一步降低 ACI。
- (5) 通过 TDD 或 FDD 适当地对上行链路与下行链路进行分隔。

3.5 扩大系统容量的其他方法

正如 3.3.1 节所讨论的,通过频率复用可以扩大蜂窝系统的容量。采用如下两种方式进行小区规划和天线设计,同样能够扩大系统容量。

- (1) 小区分裂。
- (2) 定向天线(天线扇区化)。

3.5.1 小区分裂

如图 3-7 所示,进行小区分裂的一种方法是将拥塞的小区划分为更小的小区,划分后的各个小区都拥有各自的基站,并且相应地降低天线高度和发射功率。由于小区数目的增加,在相同覆盖面积内将存在更多的区群,这相当于对区群进行多次复制,即复制因子 M 增大了,也就是说由于信道被复用的次数增加了。因此,采用小区分裂会提高蜂窝系统的容量。在图 3-7 中,假定中心区域的话务量饱和(即该区域的呼叫阻塞概率超过了可接受范围),原先位于中央半径为 R 的大小区分裂为半径为 $R/2$ 的中小区,并且位于中央的中小区又进一步分裂为半径为 $R/4$ 的小小区。小区分裂后会降低该地区的呼叫

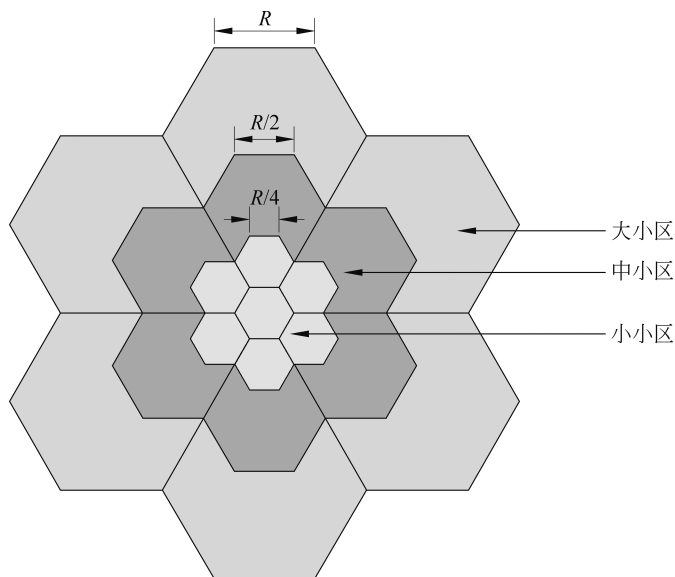


图 3-7 小区分裂示意图(半径由 R 变为 $R/2$ 以及 $R/4$)

阻塞概率,同时也会增加移动台在小区之间切换的频率。

设 d 为发射机与接收机之间的距离, d_0 为发射机与近区参考点之间的距离, P_0 为在近区参考点处的接收功率。可知,平均接收功率 P_r 正比于 P_0 ,并且可以表示为

$$P_r = P_0 \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-k} \quad (3-12)$$

其中, $d \geq d_0$, k 为路径损耗指数。式(3-12)取对数得到

$$P_{r(\text{dBW})} = P_{0(\text{dBW})} - 10k \lg \frac{d}{d_0}, \quad d \geq d_0 \quad (3-13)$$

设 P_{t1} 与 P_{t2} 分别为大小区基站和中小区基站的发射功率,在大(旧)小区边界处的接收功率 P_r 与 $P_{t1} R^{-k}$ 成正比,中(新)小区边界处的接收功率 P_r 与 $P_{t2} (R/2)^{-k}$ 成正比。根据接收功率相等,有

$$P_{t1} R^{-k} = P_{t2} (R/2)^{-k} \quad (3-14)$$

或

$$P_{t1} / P_{t2} = 2^k \quad (3-15)$$

式(3-15)取对数可得

$$10 \lg \frac{P_{t1}}{P_{t2}} = 10k \lg 2 \approx 3k \text{ (dB)}$$

当 $k=4$ 时, $P_{t1} / P_{t2} = 12 \text{ (dB)}$ 。因此,小区分裂后,新小区半径是旧小区半径的 $1/2$ 时,发射功率可以降低 12dB。

3.5.2 定向天线(天线扇区化)

天线的基本形式是全向的。相对于全向天线而言,采用定向天线可以提高系统容量。由式(3-8)可知,最坏情况下的 S/I 为

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-k}}{\sum_{i=1}^{N_i} D_i^{-k}}$$

其中, N_i 的值取决于采用的天线形式。在采用全向天线的情况下,对于第一层同信道小区而言, $N_i=6$ 。设 $D_i \approx D, i=1, 2, \dots, N_i$, 则

$$\left(\frac{S}{I} \right)_{\text{omni}} = \frac{1}{6} q^k$$

其中, $q=D/R$ 。为了说明扇区化所带来的容量提高,可以将全向天线的情况作为一个基准。

在图 3-8 所示的六边形小区中,可以采用 60° 的整数倍进行扇区划分。假设为 7 小区复用,对于 3 扇区情况(每个扇区 120°),第一层的干扰源数目由 6 减少为 2。

当 $D_i \approx D$ 时,

$$\left(\frac{S}{I} \right)_{\text{omni}} = \frac{1}{6} q^k \quad \text{和} \quad \left(\frac{S}{I} \right)_{120^\circ} = \frac{1}{2} q^k$$

此时信号与干扰之比的增加倍数为

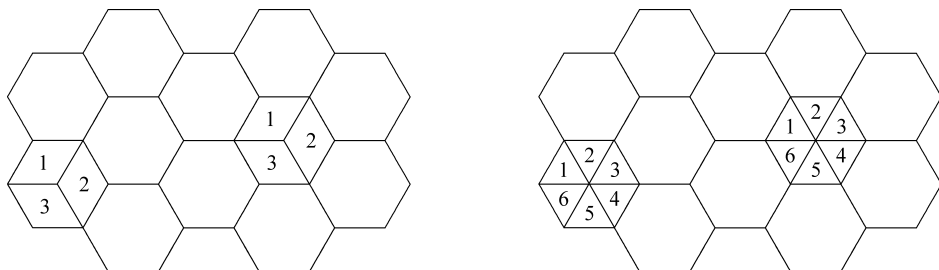


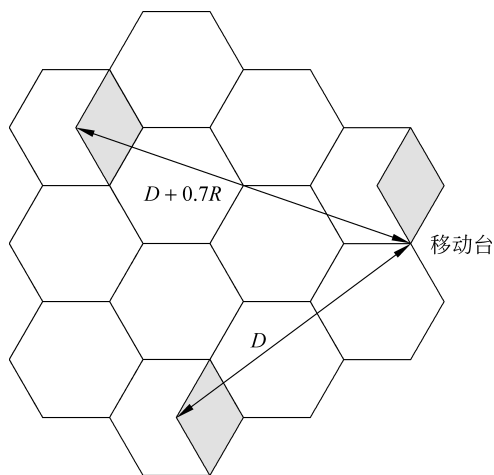
图 3-8 天线扇区化

$$\frac{(S/I)_{120^\circ}}{(S/I)_{\text{omni}}} = 3$$

这就是采用定向天线后,与全向天线情况相比,用各小区中扇区数目表示的容量提高的理论值。注意,在各小区内,移动台必须在不同扇区之间进行切换,然而,该切换过程很容易由基站来处理。如果各小区中的可用信道总数需要划分给各个扇区,那么各小区的中继效率在无扇区的基础上会有所下降。

采用 120° 扇区化的最坏情况如图 3-9 所示,图中移动台位于小区拐角处, R 为小区半径, D 为相邻同信道小区之间的距离。在 3 扇区情况下,移动台所经历的干扰来自两个干扰小区各自的相应扇区。由图中的距离估计以及 $k=4$ 的路径损耗指数,可得

$$\left(\frac{S}{I}\right)_{120^\circ} = \frac{R^{-4}}{D^{-4} + (D + 0.7R)^{-4}} = \frac{1}{q^{-4} + (q + 0.7)^{-4}} \quad (3-16)$$

图 3-9 采用 120° 扇区化的最坏情况示意图

3.6 信道分配策略

信道分配的两种基本方法是固定信道分配(Fixed Channel Allocation, FCA)和动态信道分配(Dynamic Channel Allocation, DCA)。

1. 固定信道分配

在 FCA 方案中,为各小区分配一组预先确定的话音信道,小区中的任何呼叫请求只能被该特定小区中的未占用信道提供服务。为了提高信道利用率,可以考虑选择信道借用。选择信道借用时,如果小区内的所有信道均已经被占用,并且相邻小区存在空闲信道,那么,就允许该小区从相邻小区借用信道,信道借用通常由 MSC 负责监管。

正如 3.2.1 节所提到的,由于 MSC 负责切换操作,所以 MSC 完全理解其所管辖的区群中容量的使用情况。因此,MSC 就是监督诸如信道借用等功能的自然子系统。

2. 动态信道分配

在 DCA 方案中,语音信道并不是永久分配给不同的小区,每当有呼叫请求时,提供服务的基站就会向 MSC 请求信道,MSC(动态地)确定可用信道并相应地执行分配过程,为了避免同信道干扰,如果一个频率(无线信道)在当前小区或在任何落入频率复用最小限制距离内的小区没有被使用,MSC 则将该频率(无线信道)分配给呼叫请求。

由于在 MSC 控制之下所有可用信道可以被所有小区使用,因此,动态信道分配降低了呼叫阻塞的可能性,提高了系统中继容量。动态信道分配策略要求 MSC 连续地搜集关于所有信道的信道占有,话务量分布以及无线信号质量的事实数据。在任何情况下,为了进行切换管理,MSC 需要进行这样的数据搜集。

习 题

1. 蜂窝系统是如何实现大规模无线电覆盖的?
2. 随着系统不断地加入新的小区 and 信道,不合理的设备部署可能会产生哪些不良后果?
3. 在小区间干扰中,哪种干扰的影响最大? 其原因是什么?
4. 扩大蜂窝系统的容量有哪些方法?
5. 信道分配的两种基本方法中,动态信道分配的基本原理是什么?

参 考 文 献

- [1] Mark J W, Zhuang W H. Wireless communications and networking[M]. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
- [2] 吴功宜, 吴英. 物联网工程导论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [3] Schwartz M. Mobile wireless communications[M]. New York: Cambridge University Press, 2004.