

移动通信系统中频率复用方案理论探讨*

李玲玲

(广州番禺职业技术学院, 广东 广州 511400)

摘要: 蜂窝概念的核心思想是相距较远的小区(基站)共用同一频率。蜂窝技术极大地提高了系统的容量,其代价是增加了系统结构开销。频率规划时要根据实际情况采用不同的频率复用方案技术,频率规划在频谱利用率和网络容量间找到平衡点,使得在保证一定网络质量的前提下,取得最大的网络容量。

关键词: 蜂窝概念; 频率复用; 同频干扰; 邻频干扰

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)11-0070-03

Mobile communication system frequency reuse scheme theory

Li Lingling

(Guangzhou Panyu Polytechnic, Guangzhou 511400, China)

Abstract: The cellular concept is the core idea of distant district (base station) to share the same frequency. Cellular technology greatly improves the capacity of the system, its cost is increased and the system structure of overhead. Frequency planning according to actual conditions of different frequency reuse scheme technology, frequency planning in spectrum utilization rate and the capacity of the network to find a balance between the points, to guarantee the network under the premise of quality, obtain the biggest network capacity.

Key words: the cellular concept; frequency reuse; same frequency interference; adjacent channel interference

21 世纪,移动通信技术迅猛发展,频谱资源的有限性催生出频率复用技术的发展,蜂窝概念的提出就是为了解决频率不足的问题。

1 频率复用技术的必要性

蜂窝概念的核心思想是相距较远的小区(基站)共用同一频率。但直到 1979 年第一个蜂窝系统才在美国变为现实。蜂窝技术极大地提高了系统的容量,其代价是增加了系统结构开销,使通信技术变得较为复杂,具体表现为实现协议更复杂,设备技术复杂,无线资源管理和移动性管理都变得复杂。但通信技术能够真正走向大众,其系统容量增加的解决是关键,而蜂窝概念的提出解决了限制容量发展的根本因素。移动通信技术的发展是为了不断扩充容量、提高频谱利用率,频率复用技术的演进见证了移动通信技术的不断完善和进步。为满足需求,我国 GSM 网的频带曾 3 次扩展,但频谱资源依旧紧张,因此频率复用技术需要不断改进,以增加网络

容量,同时网络服务质量也要不断提高。特别在一些大城市的中心市区,频谱资源日益紧张,频率复用等扩容技术成为通信技术发展的关键。中国移动用户的快速增加使网络扩容成为必然。

大区制采用大功率的基站提供较大的服务范围,其频谱利用率低。而小区制采用小功率基站,采用频率复用技术提高频谱利用率,有限频率得以多次使用,此时系统容量较大。大区制网络只有一个基站,输出功率较大,大区制条件下,用户少,频率相对丰富,但频率不能复用。移动通信网是由大区制演变成小区制蜂窝系统的,也就是在进行网络设计时,将基站发射功率降低,每个基站覆盖范围缩小,原先一个天线覆盖的范围由多个天线覆盖,网络如蜂窝一般分布。频率复用其实就是指一个小区使用的频率信道在隔一定距离后被另一小区重复使用。这些频点之间会因距离远近和信号强弱产生或大或小的同邻频干扰。频率规划时要根据实际情况采用不同的频率复用方案技术,频率规划在频谱利用率和

* 基金项目: 广州番禺职业技术学院“十二五”第一批院级项目(KJ-9)

网络与通信

Network and Communication

网络容量间找到平衡点,使得在保证一定网络质量的前提下,取得最大的网络容量。

国内移动通信已进入4G时代。4G发展过程中,其小区边缘性能的下降备受关注。小区边缘性能问题是伴随着蜂窝移动通信系统的固有问题。改善小区边缘用户性能最重要的策略便是频率复用。在正交频分多址(OFDMA)系统中,如果复用系数为1,即表示相邻小区使用相同的频率资源,此时相邻小区交界处的用户所产生的干扰很严重,小区服务质量急剧变差。OFDMA本质上是频分多址,其频率复用系数只有几个选择,如1、3、7等。至于4、12、19等频率复用方案在理论上可行,但在频分多址系统中实际使用并不多。频率复用系数应选得较大一些,这样可以有效抑制小区间的干扰,小区边缘性能得以改善,但频谱效率损失较大,满足不了高质量、高速率的4G系统的业务需求。有文献提出软频率复用方法,其系统性能在一定程度上得以改善,但其小区边缘信号采用完全正交的频率集合,因此频谱效率大打折扣。而基于OFDMA的频率复用方法则是对小区边缘用户和小区中心用户采用不同的频率复用策略。

移动通信中,地形、环境和气候都会影响无线电波的传播,会产生严重的多径衰落,为重复使用有限的频谱资源,人们发明了蜂窝移动通信技术。邮电部门在900 MHz频段获有24 MHz频率,在1 800 MHz频段获有10 MHz频率,GSM网络必须拥有10 MHz以上的频率才能有效利用好频谱资源。在20世纪末,中国大部分地区每平方公里只能容纳6 000~8 000个用户,难以满足通信业务的发展,要提高频谱利用率,必须改进频率复用技术。

现在常用的一些频率复用方案都是在有限的频率带宽资源下,利用跳频系统的特性,牺牲一定的通话质量换取容量的提高。各种频率复用方案效果优劣不一,复杂的通信环境要求在基于理论分析的基础上现场勘查,选取合适的规划方案,通过比较与分析选择网络质量好的频率复用方案。分析频率复用方案必须考虑干扰因素,这些干扰的强弱与四周的环境和天线的性能密切相关。干扰源包括各种多径信号干扰、同频干扰、邻频干扰和其他噪声干扰等。频率复用主要产生同邻频干扰,其中以同频干扰为主,同频干扰与同频复用基站距离和基站小区半径相关。干扰严重影响系统服务质量,需要进行精确的频率规划以使干扰满足要求。

2 选择频率复用因子的理论依据

频率复用概念在时域和空间域都可以使用。时域内的频率复用叫时分复用TDM(Time-Division Multiplexing),指在不同的时隙里占用相同的工作频率。在空间域除了两个不同的地理区域里配置相同的频率,主要指在一个系统的同一区域内重复使用相同的频率——这种方案用于蜂窝结构系统中。一个系统中可以有許多同频小

区,将整个频谱分配划分为 K 个频率复用的模式,其中 K 一般为3、4、7、12、19。

K 为多少比较合适呢?从理论上讲, K 应该大些,这样可以缓解频率不足带来的压力。但是,分配的总信道数是固定不变的, K 太大,导致 K 个小区分配给每个小区的信道数大大减少。 K 增加但分配给 K 个小区的信道总数不变,其中继效率自然就会降低。在同一地区,如果给两个不同的网络系统分配同一组信道,将降低其频率利用率。

在满足系统性能的条件下应该尽可能使 K 值最小。为使 K 值最小,必须使频率复用距离 D 最小以减少同频干扰。 Q 为同频干扰衰减因子, $Q=D/R=\sqrt{3K}^{-1[1]}$ 。

寻找同频小区的示意图如图1所示。具体方法是选择合适的 i 和 j ,满足 $K=i^2+j^2+ij$ (K 为同频小区数)。从某区转到同频小区的方法是:顺时针走 i 格,再顺时针转 60° 走 j 格。

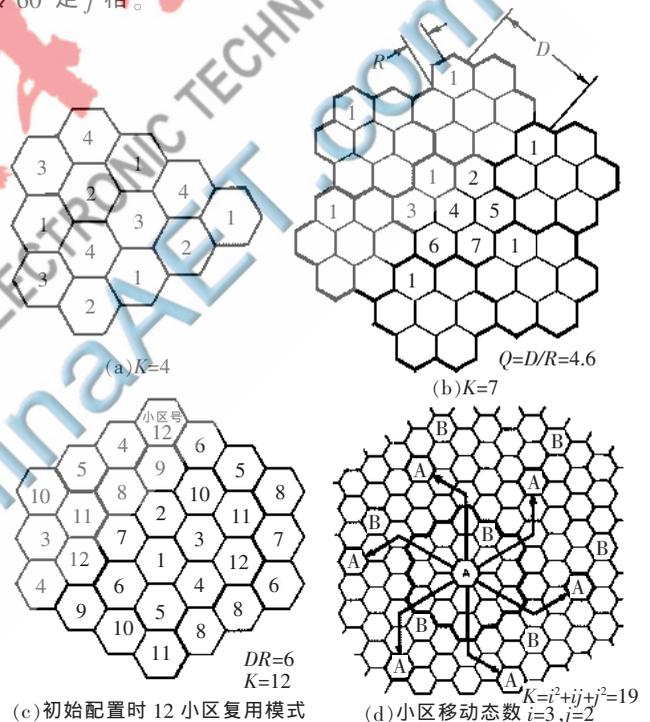


图1 寻找同频小区示意图

以 $K=7$ 为例(即 $i=2,j=1$),相应模型如图2所示。

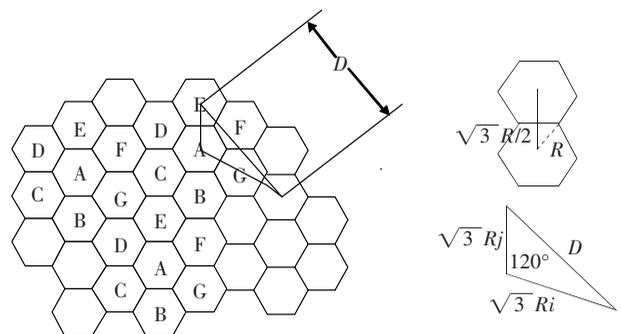


图2 $K=7$ 的相应模型

网络与通信

Network and Communication

图 2 的表达式如下:

$$D^2 = (\sqrt{3} R_j)^2 + (\sqrt{3} R_i)^2 - 2 \times \sqrt{3} R_j \times \sqrt{3} R_i \times \cos 120^\circ \quad (1)$$

$$D^2 = 3R^2(i^2 + j^2 + ij) = 3KR^2 \quad (K = i^2 + j^2 + ij) \quad (2)$$

即 $D/R = \sqrt{3K}$, 不同小区复用同一频率将产生同频干扰, 如果要减小同频干扰必须找出最小频率复用距离, 假定所有小区大小一样, 那么小区信号强度的覆盖面积决定小区的大小。

蜂窝就是将地面划分成一个个形状相同的无线电覆盖区域。这些小区要尽可能接近圆形, 要求互相邻接, 尽可能全面覆盖。能满足要求的首推正六边形; 其次就是按正四边形划分区域。正六边形的同频小区数满足 $n = i^2 + j^2 + ij$; 正四边形满足 $n = i^2 + j^2$ 。其中 i, j 为非零整数。通过分析发现, i, j 满足 $j = i + 1$ 。

在理论上, 用正六边形分析蜂窝系统, 第一层有 6 个同频小区^[2]。因为第一层的周长 $= 2\pi D$, 相邻同频小区的距离可以近似认为是 D , 同频干扰小区数 $\approx 2\pi D/D \approx 6$ 。

蜂窝系统的布局很有讲究, 布局不好, 干扰源将会增多。每区中小区数目越多 (K 越大), 网络质量越好, 但频谱利用率越低。

如何充分利用有限频谱资源, 多网复用, 全面覆盖, 频率复用方案的选择和实施十分重要。要改变因为历史原因引起的频率范围缺乏规划而导致的干扰严重的问题, 需要提供好的、实用的频率规划。在给定频率资源情况下, 分配给单位面积的信道数越多, 频谱资源的利用就越充分。要有效地利用频谱资源就是在全部利用信道资源时, 尽量地少产生相互干扰。

小区基站和移动台都可能在中心小区有同频干扰, 如图 3 所示。

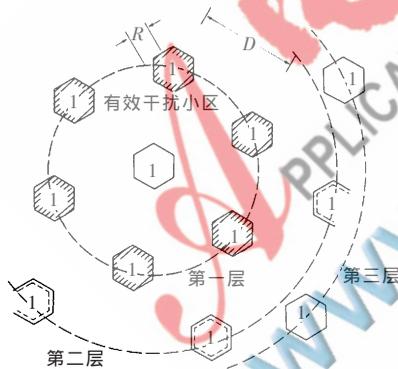


图 3 小区 1 的 6 个有效干扰小区

K 的实际物理意义为频率复用簇中的基站数目。 K 越大网络质量越好, 但其频谱利用率越低。

3 多种频率复用技术

为提高小区边缘用户性能, 频率复用可以成为一种有效方式。提高小区边缘用户性能的同时, 也要想办法有效提高频谱利用率。正交频分多址 (OFDMA) 通过抑制小区间干扰提高小区边缘用户性能, 根据小区中心与边缘通信环境的差异, 对小区中心与小区边缘实施不同的频率复用策略。好的频率复用方法可以提高系统吞吐量并改善小区边缘用户性能。

移动通信网都是从大区制演变成小区制蜂窝系统的。大区制条件下网络只有一个基站, 天线功率大而且覆盖范围广, 频率不需要复用; 但随着用户和容量的增加其信道数满足不了需求, 因此只能改用小区制的蜂窝系统, 将原来的大天线用若干小天线代替。

实际基站分布时难以完全按照理论上的频率复用模式规划, 因为地理分片方式千变万化且不规则, 为减少干扰, 普遍采用的方法有: 调整天线高度及下倾角, 降低基站发射功率。频率分配需要全面规划和合理分配, 要考虑不同地区频率复用问题, 减少相互干扰, 充分利用有限的频率资源。在给定频率资源的情况下, 分配给单位面积的信道数越多, 频谱资源的利用越充分。干扰包括邻道干扰、互调干扰和同频干扰。如何充分利用有限的频谱资源提高频谱利用率, 是频率复用方案要解决的主要问题。

同频复用距离是指允许使用同一频率的两个网的基地台间距离, 它主要取决于有用信号和干扰信号的传播损耗。同频复用基站距离越近, 同频干扰越大; 同频干扰不仅与复用距离有关, 还与基站小区的覆盖半径有关。干扰信号包括信号自身的多径信号干扰、同频复用产生的同邻频干扰、雷达站和环境噪声等系统外部干扰。干扰严重影响系统的服务质量, 进行频率规划时必须保证相关同邻频干扰满足要求。

GSM 中采用了许多抗干扰技术, 包括跳频技术、功率控制技术、分集接收技术等, 有效利用以上技术可以提高载波干扰比, 从而改善频率复用技术以增加网络容量, 满足电信服务质量。

当各基站分布均匀规则且小区方位一致时, 相同复用频率方案下其干扰最小。如果想增加网络容量, 就要尽量保持理想网孔, 也就是让网孔保持正六边形形状, 理论证明这种形状的网孔分布最为理想。可以采用相应的技术增加网络容量, 包括小区分裂、利用新的频率资源和采用紧密频率复用技术等。还可以采用同心圆技术提高频率复用技术的效率^[3]。

为有效地利用有限的频谱资源, 人们推出多项技术以提高频率复用, 包括 TACS/AMPS、GSM/CDMA IS95、WCDMA/CDMA2000 等, 每一次技术的改进都大大提高了频谱利用率。解决了容量问题, 无线通信才能真正为普通大众接受。蜂窝的频率复用问题解决得好不好, 直接关系到无线网络容量的发展。

参考文献

- [1] LEE W C Y. 无线与蜂窝通信[M]. 陈威兵, 黄晋军, 张聪, 译. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [2] 李宇翔. 移动通信网的频率复用问题[J]. 电信科学, 1987(8): 30-31.
- [3] 周敏. 提高移动电话网络容量的几种频率复用技术[J]. 四川通信技术, 1999(4): 3-4.

(收稿日期: 2013-01-15)

作者简介:

李玲玲, 女, 1965 年生, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 计算机应用。

《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 11 期