

# 基于半静态资源分配的小区间干扰协调方案

郑楠

学号:5070309725

吴争蔚

学号:5070309388

21/6/2010

## 1 引言

在2G蜂窝系统中，为了提高频率的复用率，不同的小区可能会使用相同的频段，如图1所示，其中红色的小区为使用相同频段的小区。当相邻小区为不同的用户分配相同信道时，会产生较大的小区间干扰（Inter Cell Interference），所幸的是这种干扰通常可以通过增大图1中红色小区相隔的距离即减小频率复用率为代价来将其控制在一定的可以忍受的范围内。但是在LTE-A（Long Term Evolution Advanced）中，随着对高系统容量的迫切需求，频率复用率随之不断地增加，导致小区间干扰的问题再一次地凸显了出来，同时，由于使用了OFDM而非CDMA技术，在使得小区内的邻道干扰大大缓解的同时，也加剧了小区间干扰，使得小区间干扰成为了制约LTE-A网络中服务质量（Quality of Service）的主要因素，因此，小区间干扰协调成为了一个急需解决的重要问题。

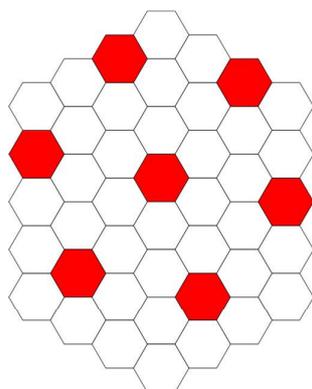


Figure 1: 2G蜂窝网络结构

正是由于上述原因，人们提出了一系列的解决方法。 [1]中采用了软频率复用的方法，小区的结构划分示意图如图1所示。由于对小区中不同的区域采取了功率控制（Power Control），即对于靠近发射天线区域的用户，采用较小的功率发射信号，而对于远离天线的用户，则采用大功率发射，并且规定相邻小区的外层用户不能使用同样的信道资源，这种方法使得小区间干扰在很大程度上得到了缓解，但是由于其频谱分配的静态特性，使得这种方法的频谱利用率不高，并且在用户分布不均匀的情况下会产生很高的挂断率。

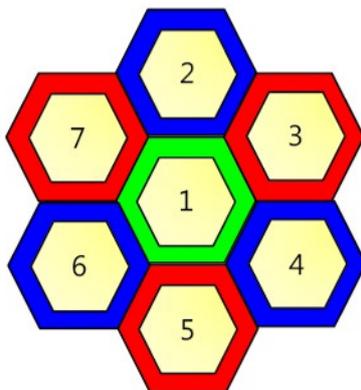


Figure 2: 静态ICIC小区结构示意图[2]

为了克服 [1]中的静态缺陷，一系列的动态划分方案被提了出来，如 [3]，动态的ICIC（Inter Cell Interference Coordination），动态的ICIC方案主要是通过对于当前的可用信道资源进行评估分类，选择最适合的资源分配，这种方法在很大程度上能够在大大缓解ICI的同时解决静态ICIC方法中带来的高挂断率的问题，但是由于其过高的计算量、复杂的系统构成以及对硬件的要求使得这种方法的实用价值远远不如它的理论研究价值。

基于静态ICIC以及动态ICIC的特点，[4]中提出了一种基于半静态的ICIC方案，它的主要思想在于对小区首先采用类似软频率复用方案中使用的静态划分方案，在负载不均衡的时候对信道资源进行动态的均衡，不仅对ICI有着较好的抑制作用，也使得其构成复杂度略小于动态的ICIC方案。总体来说，这种方案兼具静态及动态的特点，在继承了两种方案优点的同时也在很大程度上克服了彼此的缺点。

然而，上述的半静态ICIC方案无论在算法上还是在实用性上都有许多值得改进的地方。本文正是以高性能及可行性为出发点，借鉴了 [4]中的半静态的思想以及划分方式，提出了一种新的、可行的ICIC方案，可以在大大降低了小区间干扰的同时，通过对资源半静态地分配，有效地解决小区边缘的负载均衡问题。

## 2 方案讨论

### 2.1 基本模型

新提出的系统模型如图3所示，在该模型中，将原本一个使用全频段的Sector划分成了三个部分。以Cell 0中的Sector  $S_1$ 为例，将其分为了 $R_1$ 、 $R_6$ 及 $R_{16}$ 三个部分。同时，将全频段 $C$ 等分为6个部分，分别称为 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_2$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ 及 $C_6$ ，在图中采用不同的颜色表示，并将其分别分配给每个Cell的外圈部分，即 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$ 及 $R_6$ 。而对于每个Sector的内圈部分，即 $R_{16}$ 、 $R_{23}$ 、 $R_{45}$ ，分别可使用全频段，用白色表示。

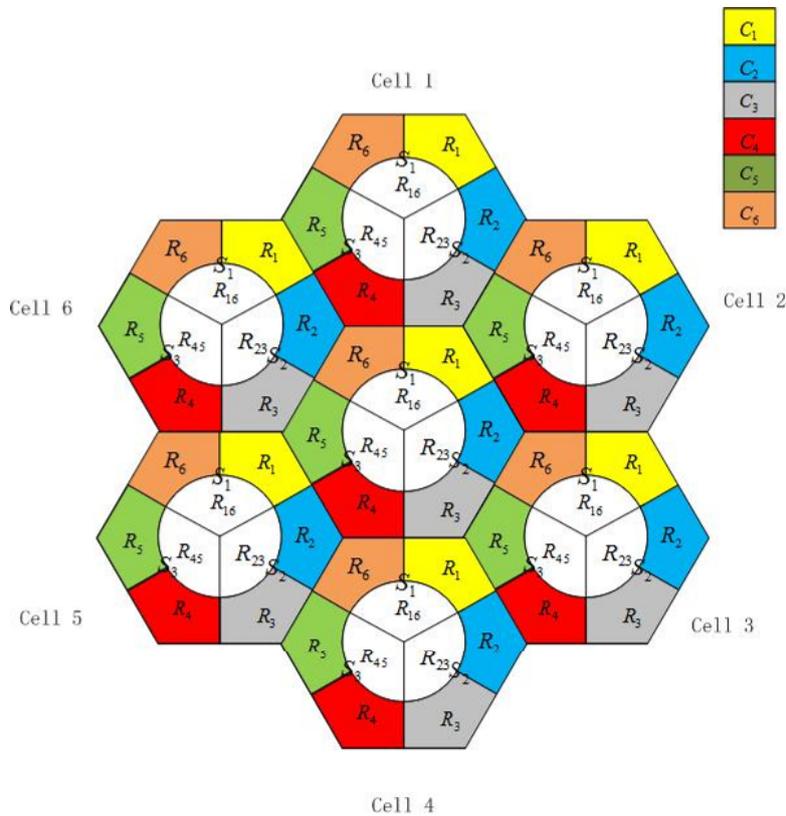


Figure 3: 提出的系统模型

## 2.2 基本假设

1. 小区内干扰已被用恰当的方式避免了。的确，eNodeB可以确保每个PRB(physical resource blocks)不会被同时分配给同一个Sector里的UE (User Equipment)，而且采用OFDM方式可以很好地抑制邻频干扰，使得小区内干扰的影响非常小。
2. 当用户进入到一个区域内时，eNodeB可以将每个Sector分为内圈部分和外圈部分。实际上，eNodeB可以根据它们接收到的UE发回来的参考信号的测量值估计该UE是否接近边缘而将其归类 [5]
3. 位于每个cell中心的发射天线可以对处于内圈和外圈部分的UE采取不同的发射功率进行发射，即采取下行功控。事实上，在文献 [6]中已经得到了肯定。

## 2.3 静态性能分析

为了叙述上的方便，以下用 $\bar{C}_i$ 表示除了 $C_i$ 意外的资源，即相对于全频段 $C$ 的 $C_i$ 的补集， $C_i \cup C_j$ 表示 $C_i$ 与 $C_j$ 的资源求并集。由于所提的系统结构具有对称性，因此一下以Cell 0中的Sector  $S_1$ 为例进行分析。

对于内圈区域的用户，即 $R_{16}$ 中的UE，如图4所示，其中黑色三角形表示UE。由于对其使用的发射功率较小，当发射信号到达相邻小区时，由于信道的衰减作用会使该干扰信号的强度会变得很小，不会对相邻小区造成太大的干扰；而当其他的小区发射信号时，由于内圈区域的用户距其他小

区的天线较远，因此当信号到达内圈时也将衰减到比较小，所以内圈受到的相邻小区的干扰也会比较小。总而言之即一个Sector的内圈部分与其他Sector之间的相互干扰很小，因此内圈区域的UE 无论使用什么样的信道资源，它对相邻小区的影响都不会太大，因此处于提高系统的频率复用率的考虑，我们允许处于内圈的区域使用全频段，但是，在分配PRB的时候，应尽量先分配非本Sector的外圈频率的频段即， $C_1 \cup C_6$ ，以避免内圈有大量的空闲资源而外圈却没有资源可用的情况。

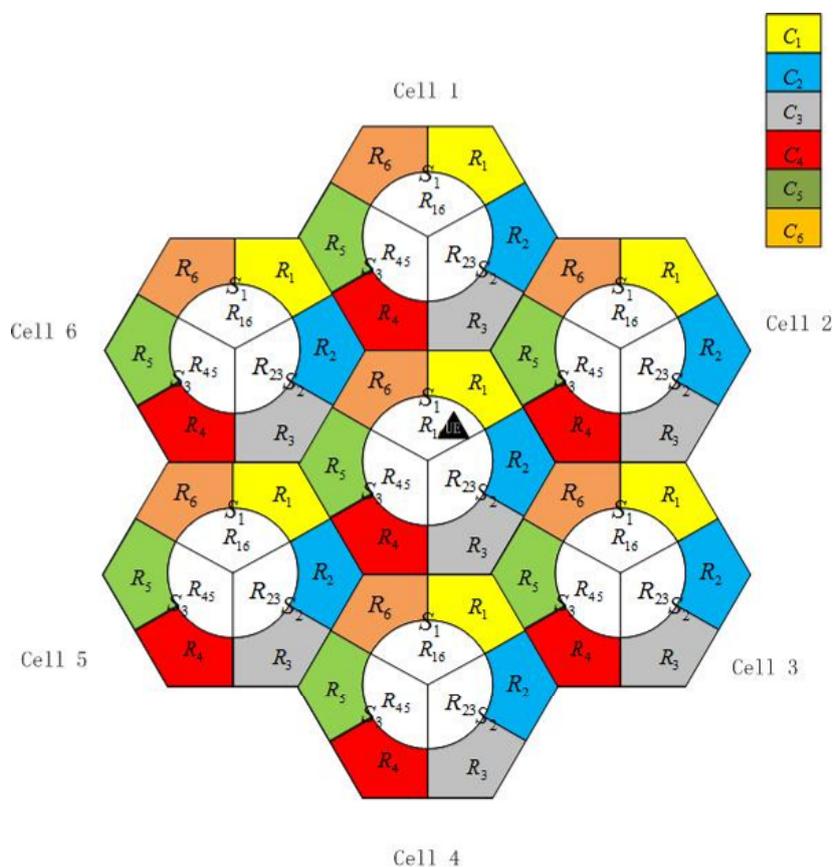


Figure 4: UE位于内圈

对于外圈区域的UE，以 $R_1$ 作为分析对象，根据图5可知，若Cell0中的

天线向处于 $R_1$ 区域中的UE发射信号的时候，Cell1中的 $R_3, R_4$ ，Cell2中的 $R_5$ ，以及Cell6中的 $R_2$ 区域将受到比较严重的影响。反过来，Cell2中的 $R_4$ 和Cell6中的 $R_3$ 在接受信号时，将会对Cell0中的 $R_1$ 产生较大的影响。若将易受到Cell0中 $R_1$ 影响以及易对 $R_1$ 造成严重影响的区域称为 $R_1$ 的相关区域的话，则Cell0中 $R_1$ 的相关区域共有6个，分别为：Cell1中的 $R_3, R_4$ ，Cell2中的 $R_4, R_5$ 以及Cell6中的 $R_2, R_3$ ，如图5中阴影部分所示。所以，若按照本文中所提的系统划分结构，让区域 $R_1, R_2 \cdots R_6$ 中的UE分别使用6个不同的频段 $C_1, C_2 \cdots C_6$ ，则可在很大程度上降低ICI的影响，从而达到了ICIC的目的。

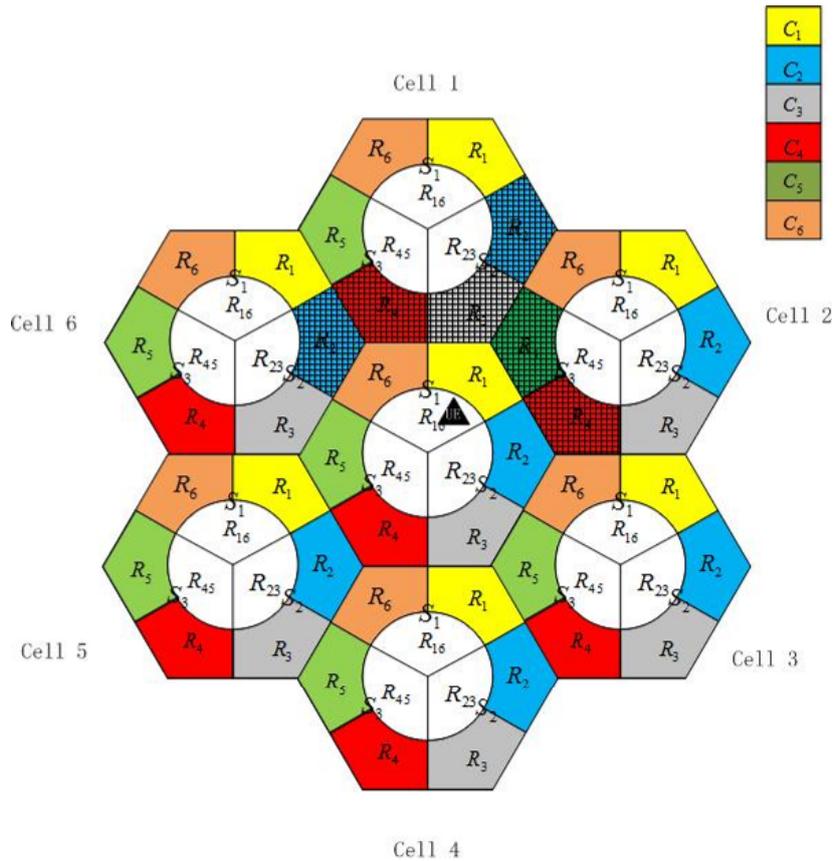


Figure 5: UE位于外圈

## 2.4 动态信道借用

### 2.5 借用规则

下面以Cell0的S1为例对user进行动态信道借用的分析。

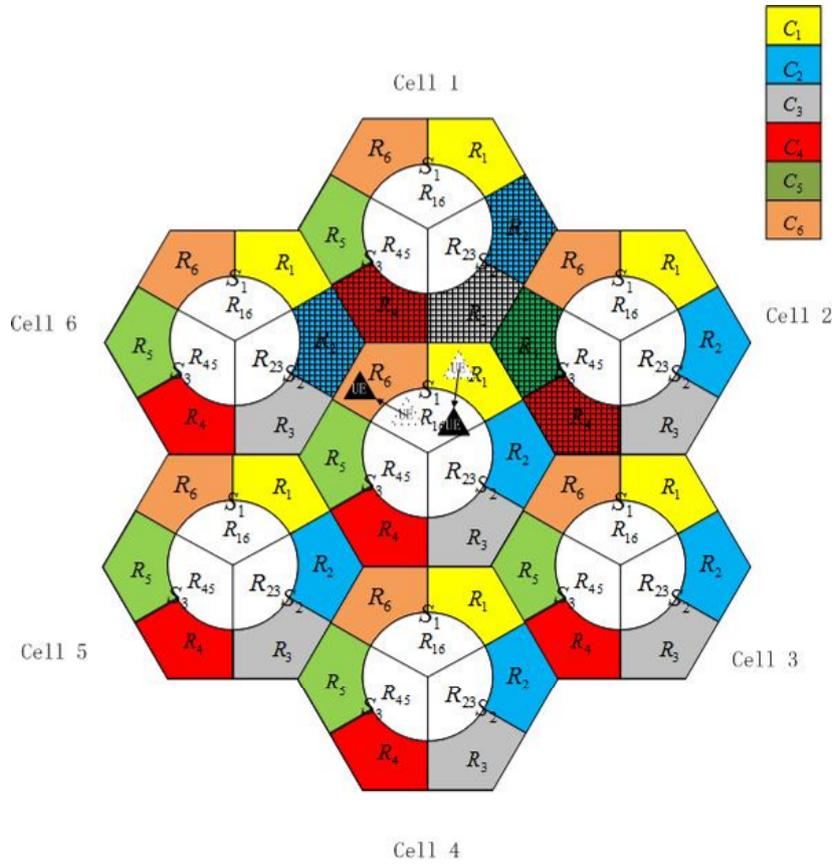


Figure 6: 动态信道借用规则

(1) 当有一个新的UE进入该Sector时，判断其位于哪一块区域，若位于内圈，则优先分配非 $C_1$ 与非 $C_6$ 资源给该UE，若除了 $C_1$ 和 $C_1$ ，没有其他

资源了，则分配 $C_1$ 或者 $C_1$ 的资源给它；若其位于外圈的 $R_i$ ，则分配的资源给它。

(2) 若 $C_i$ 的资源不够了，则检查是否有内圈的UE在拥有非 $C_1$ 或非 $C_1$ 的信道资源的情况下却正在使用属于 $C_1$ 或 $C_1$ 的资源，如果有的话，将该内圈用户切换到空闲的非 $C_1$ 或非 $C_1$ 的资源上，这样即可腾出空闲的 $C_1$ 或 $C_1$ 资源。

(3) 若通过执行了步骤(2)，资源还是紧缺，例如若新进入的UE位于 $R_1$ ，则通过检查Cell0的 $R_6$ 的空闲资源，若有空闲的资源，则“借”过来使用。

(4) 若通过执行了步骤(3)，资源还是紧缺，例如若新进入的UE位于，则通过检查Cell2中的 $R_5$ ，Cell6中的 $R_2$ 的空闲资源以及Cell1中的 $R_3$ 、 $R_4$ 与Cell6中的 $R_3$ 的空闲资源的交集，选择“借”一个过来使用，为了避免“乒乓效应”，每次都应选择空闲资源最多的那个区域的资源。

## 2.6 借用算法流程图

新用户进入Cell0的S1的R1部分：

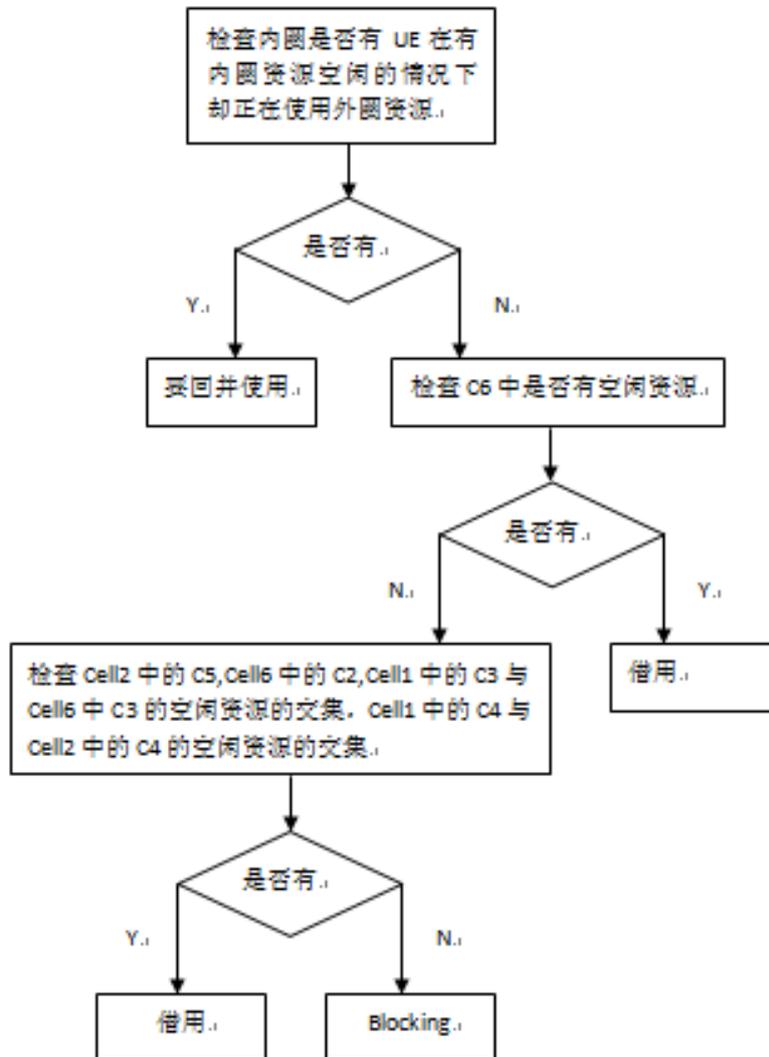


Figure 7: 仿真流程图

### 3 仿真验证

为了验证所提出结构的有效性，下面分别从对ICI的抑制性能及负载均衡两个反面分别进行仿真验证。

### 3.1 ICIC性能仿真

仿真参数见表1所示，

Table 1: ICIC性能仿真参数表

参数	取值
小区半径	500m
自信道数目	24
信道模型	The 3GPP Spatial Channel Model(SCM)
内圈发射功率	9dBm

仿真结果如图2，图3所示。图2中，不同的曲线对应于不同的内圈半径，由结果可以看出，无论内圈半径如何，都有着比传统结构更好的抗ICI的性能，而且，随着内圈半径的缩小，系统对ICI的抑制能力也会越来越强。

图3中不同的曲线对应于不同的外圈发射功率，由图可知，当外圈发射功率比内圈发射功率大的越多时，对ICI的抑制能力越强，但当发射功率高到一定程度时，这种效果就不明显了，原因是此时外圈的发射信号对相邻小区的内圈用户产生了比较大的影响。

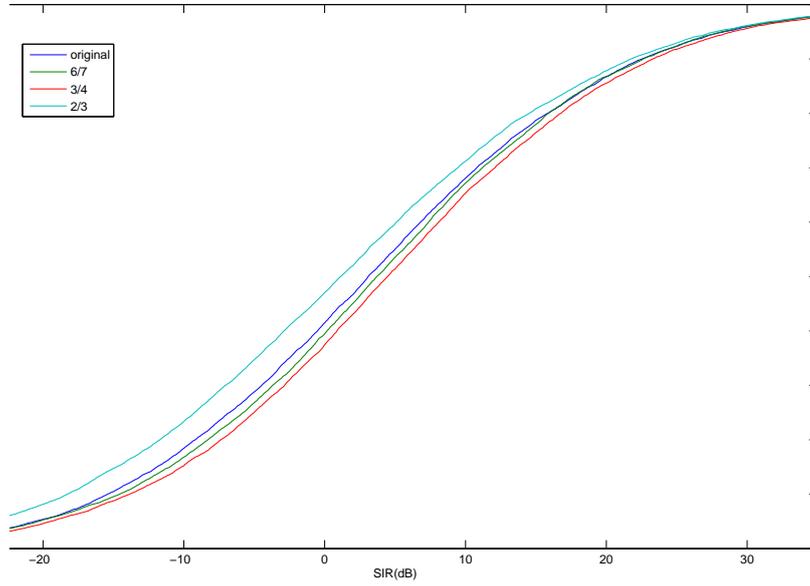


Figure 8: UE位于外圈

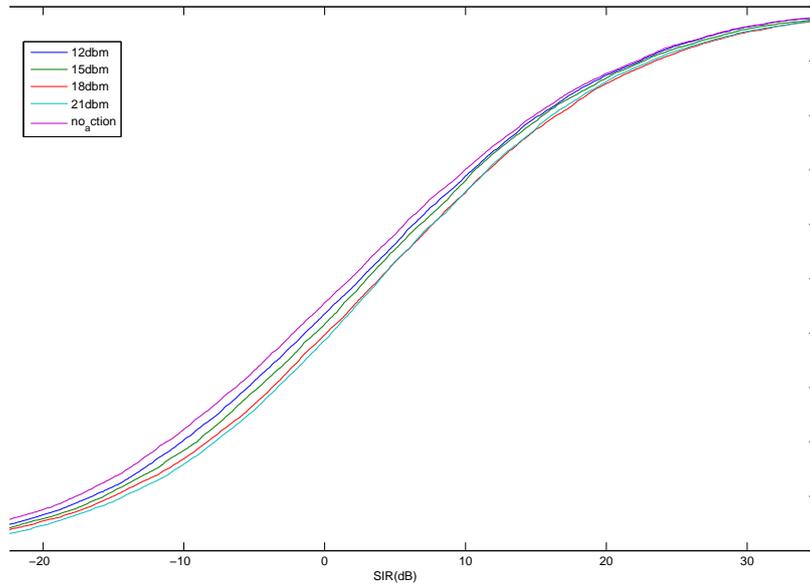


Figure 9: UE位于外圈

### 3.2 小区边缘load balance性能仿真

为检验借用信道方法的有效性，我们进行了仿真。

仿真参数如下：

Table 2: load balance性能仿真参数表

参数	取值
仿真时间	10000s
初始信道数目	100
人数	180-300
小区最大人数	400
小区最小人数	180

仿真结果为：

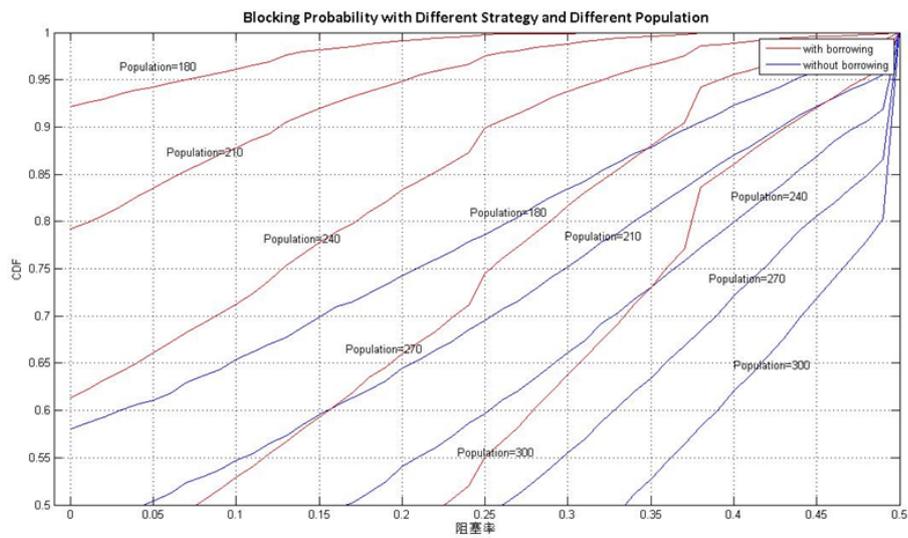


Figure 10: load balance 仿真

可以看出:

- 借信道后阻塞率明显减少
- 随着用户人数逐渐增多, 阻塞率增大

## 4 总结

本文提出了一种半静态的系统资源分配模型, 不仅极大地抑制了小区间干扰, 并且与传统的软频率复用的结构相比, 提高了系统的频率复用率, 极大地降低了系统的阻塞率, 兼顾了小区间干扰的协调与负载的均衡。在算法提出之后, 我们对蜂窝通信模型进行了仿真, 证明了减小ICI的方法是有效的。同时在此基础上, 我们对边缘小区的load balance问题也进行了仿真, 证明了借用信道方法的有效性。在下面的工作中, 改善之处在与将干扰和借用信道结合起来, 动态地证明此提案在解决ICIC和load balance问题的有效性。

## 5 组员贡献



(a) 郑楠

(b) 吴争蔚

Figure 11: 组员分工

郑楠：ICIC模型建立及SNR仿真

吴争蔚：load balance仿真

## References

- [1] R1-050507, “Soft Frequency Reuse Scheme for UTRAN LTE” , Huawei  
*3GPP TSG RAN WG1 Meeting #41* , Athens, Greece, May 2005.
- [2] Sang Goo Kim; Kyongkuk Cho; Dongweon Yoon; Young-Jo Ko; Jae  
Kyun Kwon, “Performance Analysis of Downlink Inter Cell Interference

- Coordination in the LTE-Advanced System” , *Digital Telecommunications* , 2009. ICDT '09. Fourth International Conference on
- [3] S. Geirhofer and O. Oyman, “Client-centric fractional frequency reuse based on user cooperation in OFDMA networks” , *42nd Annual Conference on Information Sciences and Systems* , pp. 95-100, Mar. 2008.
- [4] Li Li, Dong Liang, and Wenbo Wang, “A Novel Semi-Dynamic Inter-Cell Interference Coordination Scheme Based on User Grouping” , *Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall)* , 2009 IEEE 70th
- [5] R1-080361, “Additional RSRP reporting trigger for ICIC ” , Ericsson *3GPP TSG RAN WG1 Meeting #51b* , Sevilla, Spain, January 2008.
- [6] 3GPP TS 36.300, “Overall description; Stage 2”