



5G 室内外同频组网干扰解决方案

郭希蕊¹, 张涛¹, 张强², 王东洋¹, 杨艳¹

(1. 中国联合网络通信集团有限公司研究院, 北京 100176;

2. 中讯邮电咨询设计院有限公司, 北京 100048)

摘要: 5G 室内外采用同频部署会导致网络覆盖性能和用户业务体验下降, 分析了室内外同频干扰产生的原因, 对业务信道物理资源块 (physical resource block, PRB) 随机化干扰解决方案、室内外波束协同干扰解决方案、室内多波束干扰解决方案 3 种室内外同频干扰解决方案原理进行了系统的研究, 并且针对室内外同频干扰的影响程度进行了测试验证, 经过验证业务信道 PRB 随机化干扰解决方案中业务负载在 30% 左右时, 抑制干扰的效果最好; 室内外波束协同功能在室外宏基站邻区空载或者高加扰 (70%) 时, 开启该功能对下行速率的提升更明显; 开启室内多波束功能后下行速率要明显高于单波束情况。最后给出了同频干扰控制方案部署建议。

关键词: 同频干扰; RF 规划; PRB 随机化; 波束协同; 室内多波束

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022029

A solution for 5G indoor and outdoor co-frequency network interference

GUO Xirui¹, ZHANG Tao¹, ZHANG Qiang², WANG Dongyang¹, YANG Yan¹

1. Research Institute of China United Network Communications Co., Ltd., Beijing 100176, China

2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China

Abstract: 5G indoor and outdoor deployment with the same frequency will lead to the decline of network coverage performance and user service experience. The causes of indoor and outdoor interference with the same frequency was systematically analyzed. The principle of three indoor and outdoor co-channel interference solutions, namely PRB random interference solution, indoor and outdoor beam cooperative interference solution and indoor multi beam interference solution were studied. The results show that the PRB random interference solution has the best interference suppression effect when the traffic load is about 30%. When the indoor and outdoor beam cooperation function is turned on when the adjacent area of the outdoor macro station is no-load or high load (70%), the improvement of the downlink rate is more obvious. When the indoor multi-beam function is turned on, the downlink rate is significantly higher than that of single beam. Finally, the deployment suggestions of co-channel interference control scheme were given.

Key words: co-channel interference, radio frequency planning, PRB randomization, beam coordination, indoor multi-beam



0 引言

截至 2021 年年底, 全国的 5G 基站数达到 142.5 万个, 5G 网络已覆盖全部的地级市。下一步运营商 5G 网络的建设重点将转向室内覆盖, 对运营商来说, 频段相对比较集中, 而且 5G 对大带宽需求会更加强烈, 室内外同频组网场景不可避免。

对于楼宇在宏基站 100 m 以内覆盖范围场景下, 宏基站信号对楼宇浅层有覆盖, 但同时考虑该楼宇有容量需求, 部署了室分系统^[1], 势必会引入同频干扰^[2], 包括室内外公共控制信道上的干扰, 以及业务信道的干扰, 都会综合作用导致网络覆盖性能和用户业务体验的下降。因此, 5G 室内外同频干扰组网成为亟须研究和验证的课题, 也是运营商和设备供应商需要共同面对的一个痛点问题。

本文研究了同频干扰形成机制和干扰解决方案技术原理, 并结合外场实际测试验证分析了干扰解决方案的应用效果, 最终给出了室内外同频干扰解决方案的部署建议。

1 室内外同频干扰解决方案和实现原理

1.1 室内外同频干扰的影响

5G NR 宏基站采用大规模 MIMO 多天线技术^[3], 其同步信号和 PBCH 块 (synchronization signal and PBCH block, SSB) 信号相比传统的 LTE 小区参考信号^[4] (cell reference signal, CRS) 有更强的穿透能力, 同时宏基站物理下行共享信道 (physical downlink shared channel, PDSCH) 窄波束也穿透到室内, 造成的干扰也强于 LTE 宏基站。相对于 LTE, NR 支持 Rank3/4, 支持更高编码调制, 干扰对于用户速率的影响更大。室外宏基站对室内基站的干扰影响^[5]主要体现在如下方面。

- 导致室内基站覆盖范围收缩, 室内吸纳用户的能力下降, 室内边缘用户下行吞吐量下降明显。

- 室外宏基站的边缘用户对室内基站的上行接收造成干扰, 造成室内基站功率饱和, 上行吞吐量下降。
- 室外宏基站干扰造成室内站接入成功率、切换成功率下降、掉话率提升。

5G 室内一般采用数字化室分^[6]或者小功率的天线点位^[7]进行部署, 覆盖范围一般比较小, 只要控制好与室外宏基站小区间的重叠覆盖区域, 室内站对宏基站小区指标的影响非常有限。

目前解决 5G 室内外同频干扰问题的解决方案^[8]有以下 3 种。

(1) 异频组网

在频谱资源允许的条件下, 尽量室内外异频组网, 错开室内和室外的使用频段, 这样就可以完全解决同频干扰的问题。本文主要针对室内外同频组网场景, 因此异频组网方案在这里不再赘述。

(2) 室内外协同射频 (radio frequency, RF) 规划与优化

采用合理的站点规划和优化, 规避室内外同频干扰。

(3) 室内外协同干扰控制方案

主要采取宏基站控制信道和业务信道干扰协同, 从侧面降低用户处于干扰区域时受到的影响, 该方案只能对用户的体验做出一定程度的提高, 不能解决同频干扰的问题。

下文对室内外协同 RF 规划与优化和室内外协同干扰控制的实现方案和原理进行介绍。

1.2 室内外协同 RF 规划与优化

在室分站点规划阶段^[9], 提前进行网络预先灵活规划, 合理规划天线位置、高度、发射功率。采用定向天线, 精确赋形天线, 空间隔离室外站/室内站覆盖范围, 从设计上严格控制室外站/室内站的重叠覆盖范围, 室内外协同 RF 规划与优化示意图如图 1 所示。

同时在室分站点规划阶段, 建议针对室外站对室分的覆盖水平进行摸底评估。在宏基站

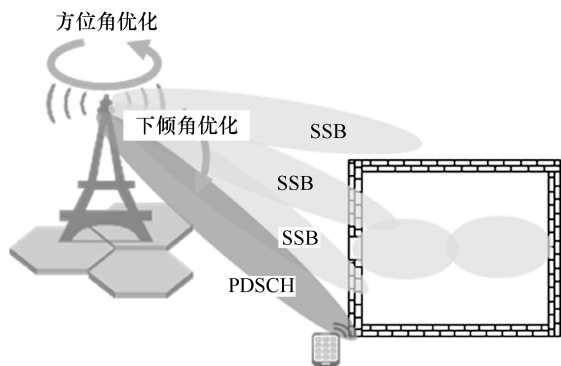


图1 室内外协同 RF 规划与优化示意图

距离楼宇较近的情况下，楼宇靠近宏基站一侧接收到的室外宏基站信号远强于室内信号，此时终端驻留宏基站即可得到较好的性能，靠近宏基站一侧无须建设室分，但由于室外宏基站无法深度覆盖室内，在远离宏基站侧及楼宇中心区域还需要建设室分。当楼宇周边存在多个宏基站时，高层区域可能会由于较多宏基站带来导频污染，此时需要在该区域建设室分站，并且将室分站点作为主服小区，提升室分信号的强度，对抗干扰。

在室分站点建设完成后，结合楼宇室内的覆盖情况，针对室内外覆盖交叠的区域，对室外站和室内站进行 RF 优化，规避室内外同频干扰，可采取以下手段。

- 对室外宏基站方位角优化，主瓣避开目标楼宇的高业务区域。
- 针对室外宏基站下倾角优化，减少对室内的越区覆盖，降低对中高层窗边入侵信号强度。
- 结合室外宏基站信号入侵情况，精细规划各区域的边缘电平，对于建筑物边缘的头端或天线进行功率调整，降低室外信号在建筑物外墙周围 10~20 m 的信号强度。
- 窗边高干扰区域，采用外接定向天线增强覆盖，尽可能抬升室内边缘信号的强度，尽可能让用户留在室内小区内，避免与室外基站的切换。

- 室外宏基站和室分邻区间设置合理的邻区切换参数，使室内用户尽可能多地驻留在室内信号上，高层小区可以不设室外小区邻区合理设置邻区间移动参数。

本文方案中涉及信号功率输出的控制、小区方向角以及下倾角调整、改造等方面的手段，在一定程度上可以避免室内与室外信号强度相近的非切换交叠区域存在，从而减少室外信号对室内信号的干扰。但是本文方案对于不同的场景、区域需要进行具体的信号干扰排查、干扰区域确认等工作，需要工作人员进行更多的实地勘察工作，实施起来较为烦琐。

1.3 业务信道 PRB 随机化干扰解决方案

业务信道物理资源块 (physical resource block, PRB) 随机化^[10]的原理是通过室内外关联小区物理小区标识 (physical cell identifier, PCI) 进行区分，按照小区 ID 模 3 将小区分类，将小区的资源分配顺序分别从高到低、从低到高和从中间位置分配，类似异频组网方式，以保证边缘用户的抗干扰能力。当小区 RB 占用率不高时，不同类型的小区间频域资源能够错开，达到降低干扰、提升吞吐量的目的，但网络负荷较高时仍不能避免干扰。业务信道 PRB 随机化干扰解决方案示意图如图 2 所示。

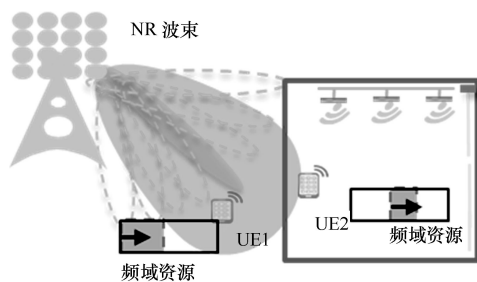


图2 业务信道 PRB 随机化干扰解决方案示意图

PRB 随机化方案在中低负荷以下场景，相比全带宽基于测量的频选调度的增益会改善较多，因为随机化此时相当于异频，被调度的业务信道相当于无干扰状态，信道质量从概率上会好于全带宽基于测量的频选调度。



1.4 室内外波束协同干扰解决方案

室内外波束协同^[11]干扰解决方案的原理是通过室内外邻区间干扰协同, 室外宏基站根据交换信息, 主动调整宏基站波束权值/功率, 避免对室内用户的干扰。通过调整同频相邻小区用户的波束方向, 使得中近点用户为相邻小区边缘用户进行避让, 提升用户频谱效率。室内外波束协同干扰解决方案示意图如图 3 所示。

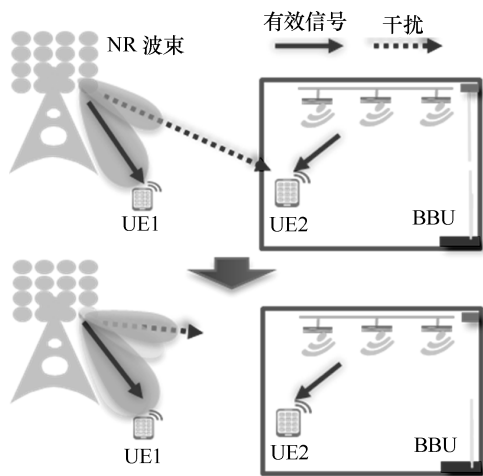


图 3 室内外波束协同干扰解决方案示意图

室内小区通过给终端配置测量消息进行邻区 SSB 波束测量, 测量报告 (measurement report, MR) 反馈邻区波束强度排序, 通过室内站收集一段时间终端的测量报告数据, 从 MR 数据统计分析该室内站周围哪些宏基站的波束对室内站存在强干扰, 然后通过邻区间交互波束信息 (包括最强波束排序、期望的功率调整量), 宏基站邻区收到该微基站请求后, 在有效时间内综合判定, 决策是否进行功率策略执行。最终可以有效避免其宏基站最强波束对业务小区造成的强干扰。室内外基站波束协同交互信息如图 4 所示。

宏基站和室内宏基站处理流程各自独立, 微基站负责收集终端 MR 数据, 决策周围哪些宏基站波束需要降功率, 微基站通过 Xn 接口消息通知宏基站。宏基站主要负责处理来自周围邻区的 SSB 波束功率调整信息。

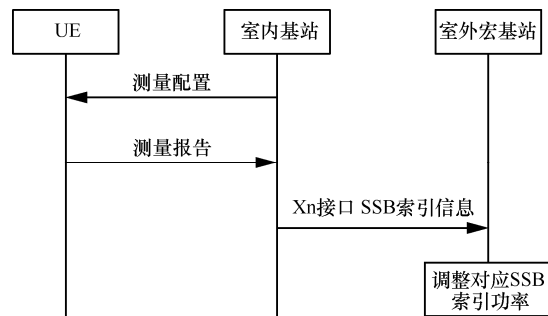


图 4 室内外基站波束协同交互信息

宏基站通过调整子波束功率因子的权值达到调整功率的目的, 假设宏基站收到降 i 波束功率为 X_i dB, 最终波束的功率因子 Z_i 的转换公式为:

$$Z_i = Y_i \cdot \sqrt{10^{-\frac{X_i}{10}}} \quad (1)$$

其中, Y_i 为调整前的功率因子。

该方案可以根据终端位置分布变化及用户数情况, 动态调整宏基站波束降功率情况及是否恢复正常波束功率。

该方案室外宏基站的波束需要调整, 有可能使得室外覆盖出现空洞, 影响室外的覆盖。

1.5 室内多波束干扰解决方案

采用波束管理^[12]配置规避公共控制信道对业务信道上的干扰, 包括广播信道 SSB、测量信道 CSI-RS 管理配置。目前运营商室外基站主要采用大规模 MIMO 宏基站小区使用 7/8 水平多波束扫描广播方案^[13], 但是现有的室内分布系统无论数字化室分还是传统无源室分系统, 都是单波束发送的方案, 室内微基站单波束场景下, 宏基站多波束的发送时域位置会碰撞干扰室内微基站的业务信道, 在强干扰场景下, 对边缘用户设备 (user equipment, UE) 整个业务信道测量和信道自适应造成影响, 影响用户感知。因此, 室内站采用多波束, 将广播波束配置 (包括 SSB 波束个数及偏移等) 与宏基站完全对齐, 使得室外宏基站 SSB 碰撞室内微基站 SSB, 那么微基站业务信道干扰变化稳定, 降低宏小区多波束对室分小区业务的干扰, 从而提升边缘用户感知。室内多波束干扰解决方案示意图如图 5 所示。

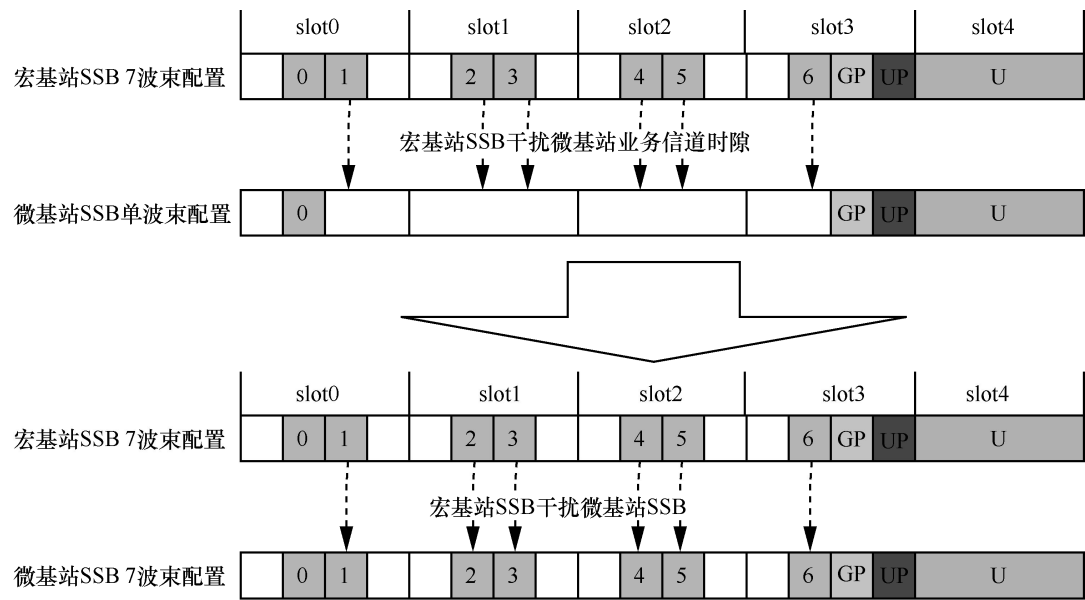


图 5 室内多波束干扰解决方案示意图

2 干扰解决方案性能

2.1 测试环境

为验证不同室内外干扰解决方案的实际效果，选择一幢部署了数字化室分的建筑物，建筑物周围 100 m 内有两圈室外宏基站，室内外同频组网干扰解决方案测试环境如图 6 所示。室外宏基站进入室内的同步信号在每个 RE 的平均功率（synchronization signal reference signal received power, SS-RSRP）不低于-100 dBm。室外宏基站和室内数字化室内分布系统测试典型参数配置见表 1，测试终端的配置要求见表 2。

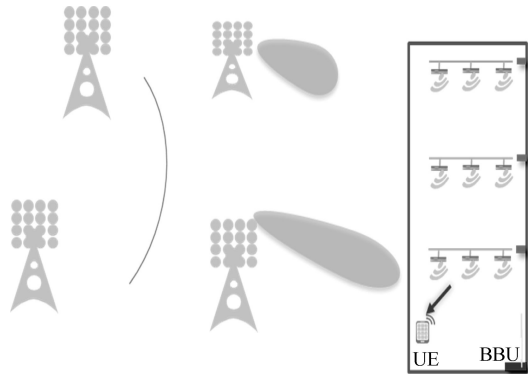


图 6 室内外同频组网干扰解决方案测试环境

表 1 测试典型参数配置

参数	室外宏基站	室内数字化室分
5G 频段	3 400~3 600 MHz	3 300~3 600 MHz
5G 载波带宽	200 MHz	200 MHz
5G 子载波间隔	30 kHz	30 kHz
典型帧结构	2.5 ms 双周期	2.5 ms 双周期
功率控制	开启	开启
AMC	开启	开启
发射功率	320 W	4×500 mW

表 2 测试终端配置要求

名称	收/发天线数和 MIMO 流数	最大发射功率
SA 终端	4 收 2 发、4 流接收、2 流发送	26 dBm

2.2 室内外不同信号差干扰验证

(1) 测试方法

分别选择开启一圈室外宏基站和两圈室外宏基站，在空载、加载 30%和加载 70%的情况下，选择室内小区 RSRP 和室外宏基站小区 RSRP 相差 15 dB、10 dB 和 5 dB 的点，采用呼叫质量拨打测试（call quality test, CQT）定点测试终端驻留在室内小区的下行速率。

通过 CQT 定点测试，分析室内外信号 SS-RSRP 不同差值以及室外宏基站不同加载条件



下, 室外宏基站对室内站下行速率的影响。

(2) 测试结果分析

通过对测试结果分析可以发现, 在室内外存在同频干扰的情况下, 室内外基站发射功率的控制可以在一定程度上抑制同频干扰的效果, 室内外信号不同差值对下行吞吐率的影响如图 7 所示。从图 7 可以看出:

- 室内外信号差 5 dB 时, 室外宏基站加载 30% 时, 室内终端吞吐率比空载时降低 8.2%; 室外宏基站加载 70% 时, 室内终端吞吐率比空载时降低 16.7%。
- 室内外信号差 10 dB 时, 室外宏基站加载 30% 时, 室内终端吞吐率比空载时降低 7.7%; 室外宏基站加载 70% 时, 室内终端吞吐率比空载时降低 10.7%。
- 室内外信号差 15 dB 时, 室外宏基站加载 30% 时, 室内终端吞吐率比空载时降低 3.3%; 室外宏基站加载 70% 时, 室内终端吞吐率比空载时降低 6.2%。

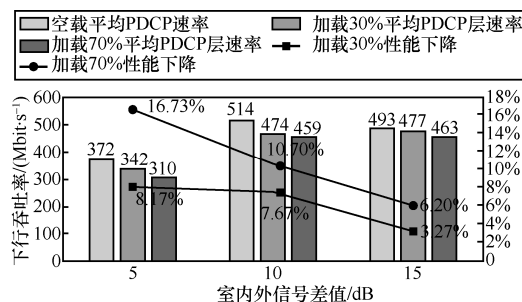


图 7 室内外信号不同差值对下行吞吐率的影响

根据测试结果, 室内外同频干扰受室外业务负载影响较大, 负载越大, 受到的干扰越大; 室内外同频干扰受室内外信号差的影响较大, 两者信号差越大, 受到的干扰越小。

如果室内小区吞吐率容忍损失在 5% 左右, 在低负载干扰的情况下, 室内小区边缘的信号强度应高于室外小区干扰信号的信号强度 5~10 dB; 在高负载干扰的情况下, 室内小区边缘的信号强度应高于室外小区干扰信号的信号住同频干扰。

2.3 业务信道 PRB 随机化干扰解决方案验证

(1) 测试方法

分别选择开启一圈室外宏基站和两圈室外宏基站, 在空载、加载 30% 和加载 70% 的情况下, 选择室内小区 RSRP 和室外宏基站小区 RSRP 相差 5 dB 的点, 在上下行保持相同速率的条件下, 分别测试在开启和关闭业务信道 PRB 随机化干扰解决方案时调用的小区 RB 数。

通过 CQT 定点测试, 分析在保持相同的速率条件以及室外宏基站不同加载条件下, 开启和关闭业务信道 PRB 随机化干扰解决方案对下行调度 RB 数的影响。

(2) 测试结果分析

一圈以及两圈室外宏基站时, 业务信道 PRB 干扰随机化对下行 RB 数的验证结果如图 8 和图 9 所示。

- 当室外基站空载时, 一圈室外宏基站时, PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 8%; 两圈室外宏基站时, PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 2%。室外空载时, 对下行平均 RB 数影响较小。
- 室外基站加载 30% 时, 一圈室外宏基站时, 开启 PRB 随机化干扰功能开启后 RB 数调度降低 27%; 两圈室外宏基站时, PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 28.5%。室外宏基站加载 30% 时, 明显降低了下行占用的 RB 数。
- 室外基站加载 70% 时, 一圈室外宏基站时, 开启 PRB 随机化干扰功能后 RB 数调度降低 9%; 两圈室外宏基站时, PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 9.6%。室外宏基站加载 70% 时, 可以降低下行占用的 RB 数, 但效果不如低负载时明显。

一圈以及两圈室外宏基站时业务信道 PRB 干扰随机化对上行 RB 数影响的验证结果分别如图 10 和图 11 所示。

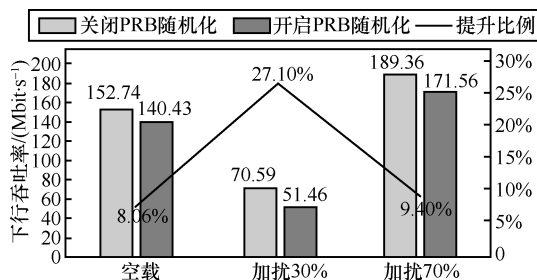


图8 一圈室外宏基站时业务信道 PRB 干扰随机化对下行 RB 影响的验证结果

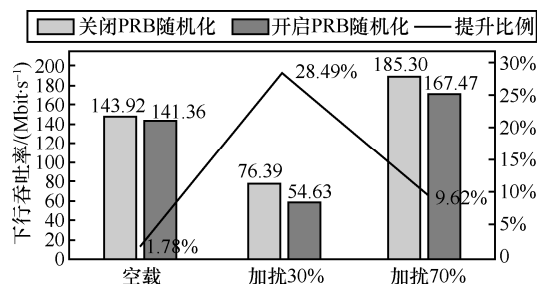


图9 两圈室外宏基站时业务信道 PRB 干扰随机化对下行 RB 影响的验证结果

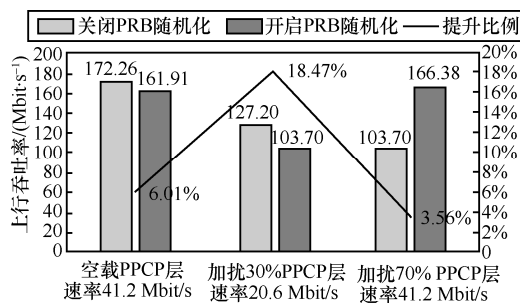


图10 一圈室外宏基站时业务信道 PRB 干扰随机化对上行 RB 影响的验证结果

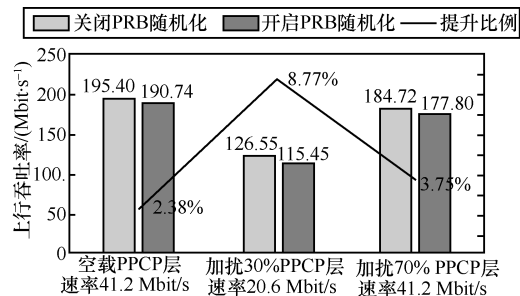


图11 两圈室外宏基站时业务信道 PRB 干扰随机化对上行 RB 影响的验证结果

- 当室外基站空载时，一圈室外宏基站时，PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 6%；两圈室外宏基站时，PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 2.4%。室外空载时，

对上行平均 RB 数影响较小。

- 室外基站加载 30%时，一圈室外宏基站时，开启 PRB 随机化干扰功能开启后 RB 数调度降低 18.5%；两圈室外宏基站时，PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 8.8%。室外加载 30%时，明显降低了上行占用的 RB 数。
- 室外基站加载 70%时，一圈室外宏基站时，开启 PRB 随机化干扰功能后 RB 数调度降低 3.6%；两圈室外宏基站时，PRB 随机化干扰开启后 RB 数调度降低 3.8%。室外加载 70%时，可以降低上行占用的 RB 数，但效果不如低负载时明显。

通过测试可以发现，当业务负载在 30%左右时，PRB 干扰随机化的效果最好。两圈宏基站邻区干扰的情况下开启 PRB 随机化干扰功能的效果不如一圈宏基站的情况。

2.4 室内外波束协同干扰解决方案验证

(1) 测试方法

分别选择开启一圈室外宏基站和两圈室外宏基站，在空载、加载 30%和加载 70%的情况下，选择室内小区 RSRP 和室外宏基站小区 RSRP 相差 5 dB 的点，分别测试在开启和关闭室内外波束协同干扰解决方案时，测试终端驻留在室内小区的下行速率同步信号的信号与干扰加噪声比 (synchronization signal-signal to interference plus noise ratio, SS-SINR) 的变化情况。

通过 CQT 定点测试，分析室外宏基站不同加载条件下，开启和关闭业务信道 PRB 随机化干扰解决方案对室内站下行速率的影响。

(2) 测试结果分析

当开启宏微波束协同功能后，室外邻宏小区的干扰波束会降低功率 (SS-RSRP 值下降)，从而降低对室内小区的干扰，室内小区业务的 SS-SINR 明显改善，下行速率提升。

一圈室外宏基站和两圈室外宏基站时对 SS-SINR 的影响分析分别如图 12 和图 13 所示。

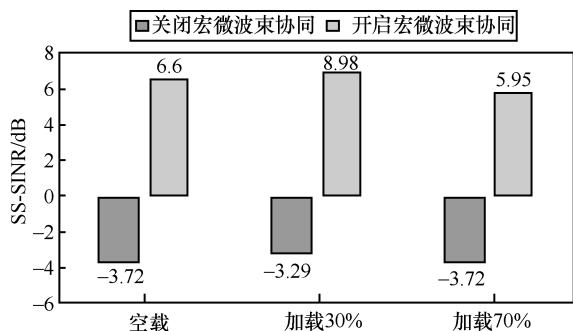


图 12 一圈室外宏基站时室内外波束协同对 SS-SINR 的验证结果

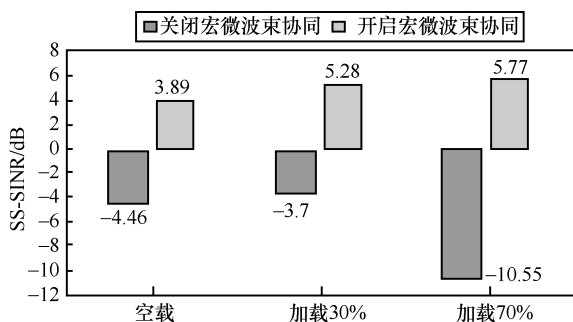


图 13 两圈室外宏基站时室内外波束协同对 SS-SINR 的验证结果

- 当室外站空载时，一圈室外宏基站时室内外波束协同开启后 SS-SINR 提升 10.3 dB；两圈室外宏基站时 SS-SINR 提升 8.4 dB。
- 室外站加载 30% 时，室内外波束协同开启后 SS-SINR 提升 10.3 dB；两圈室外宏基站时 SS-SINR 提升 9 dB。
- 室外站加载 70% 时，室内外波束协同开启后 SS-SINR 提升 9.7 dB；两圈室外宏基站时 SS-SINR 提升 16.3 dB。

一圈室外宏基站和两圈室外宏基站时对下行吞吐率影响的验证结果分别如图 14 和图 15 所示。

- 当室外站空载时，一圈室外宏基站时室内外波束协同开启后下行吞吐率提升 10.5%；两圈室外宏基站时下行吞吐率提升 12.7%。
- 室外站加载 30% 时，室内外波束协同开启后下行吞吐率提升 5.7%；两圈室外宏基站时下行吞吐率提升 6.4%。
- 室外站加载 70% 时，室内外波束协同开启后下行吞吐率提升 14.8%；两圈室外宏基站时下行吞吐率提升 55.7%。

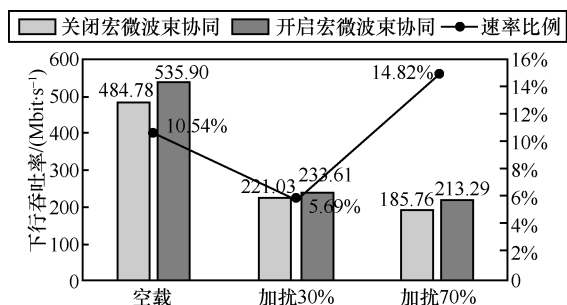


图 14 一圈室外宏基站时室内外波束协同对下行吞吐率影响的验证结果

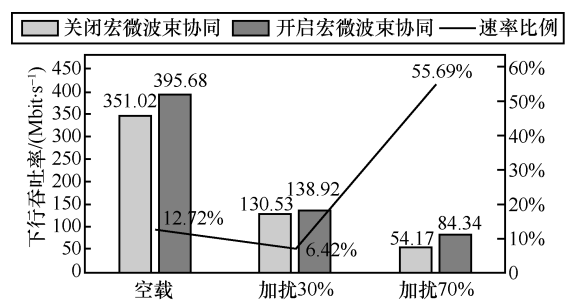


图 15 两圈室外宏基站时室内外波束协同对下行吞吐率影响的验证结果

存在室外宏基站干扰情况下，室内外波束协同功能可使室内小区性能有明显改善；在室外宏基站邻区空载或者高加扰（70%）时，开启该功能对下行速率的提升更明显，宏基站邻区低加扰（30%）时下行速率提升效果次之。

2.5 室内多波束干扰解决方案验证

(1) 测试方法

分别选择开启一圈室外宏基站和两圈室外宏基站，在空载、加载 30% 和加载 70% 的情况下，选择室内小区 RSRP 和室外宏基站小区 RSRP 相差 5 dB 的点，分别测试在开启和关闭室内多波束干扰解决方案时，测试终端驻留在室内小区的下行速率。

通过 CQT 定点测试，分析室外宏基站不同加载条件下，开启和关闭室内多波束干扰解决方案对室内站下行速率的影响。

(2) 测试结果分析

一圈室外宏基站时室内多波束对下行吞吐率影响的验证结果如图 16 所示。室外基站空载时，室内多波束开启后下行吞吐率提升 15.1%；室外基站加载 30% 时，室内外波束协同开启后下行吞

吐率提升 19.2%；室外基站加载 70%时，室内外波束协同开启后下行吞吐率提升 9.1%。

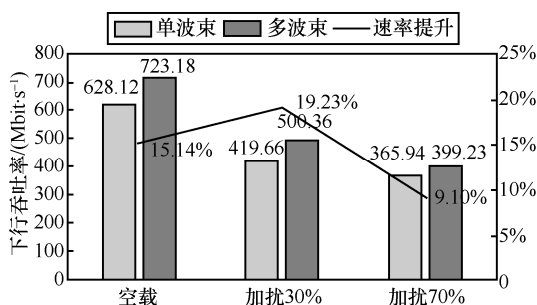


图 16 一圈室外宏基站时室内多波束对下行吞吐率影响的验证结果

两圈室外宏基站时室内多波束对下行吞吐率影响的验证结果如图 17 所示。室外站空载时，室内多波束开启后下行吞吐率提升 28.8%；室外站加载 30%时，室内外波束协同开启后下行吞吐率提升 38.1%；室外站加载 70%时，室内外波束协同开启后下行吞吐率提升 18.6%。

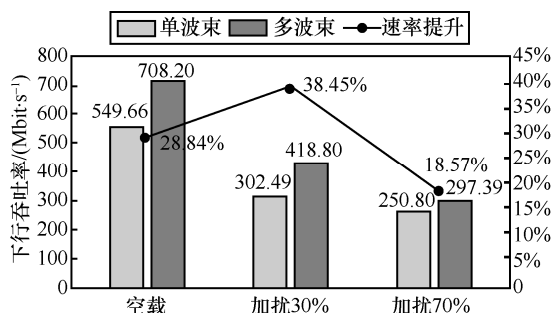


图 17 两圈室外宏基站时室内多波束对下行吞吐率影响的验证结果

当开启室内多波束功能后，室内微基站小区配置多波束时的下行速率要明显高于单波束情况。室外宏基站低负载时，开启该功能对下行吞吐率提升更明显。

3 室内外协同干扰解决方案部署

在室分站点规划阶段，首先建议对站点预选建筑进行信号扫频摸底测试，确认该站点确实存在覆盖不足的情况，再进行 5G 室内分布系统的建设，如果存在室外信号覆盖室内充足的情况，建

议进行部分区域的补盲，全面的室内分布系统建设需要进一步地考虑后再确认。如果后续因室内容量或其他因素需要建设室内分布系统，建议可采用如下措施。

- 如果频谱资源允许的条件下，优先建议室内外异频组网，彻底避免室内外干扰。
- 采用室内外 RF 优化，尽量规避室内外同频干扰，且室内小区边缘区域的信号强度应至少高于室外信号 10 dB，低话务量小区可以适度放宽到 5 dB。
- 如果采用 RF 规划和优化都不能解决同频干扰的问题，则建议采用室内外协同干扰控制方案，上述 3 种方案的开启建议如下。
- 业务信道 PRB 随机化干扰解决方案：建议默认打开该功能。
- 室内外波束协同干扰解决方案：在不影响室外覆盖的前提下，建议打开该功能。
- 室内多波束干扰解决方案：建议打开该功能。

其中，室内外波束协同和室内多波束干扰解决方案，涉及算法层面问题（非纯信令流程），异厂商 Xn 接口存在一定的互联互通问题，不建议应用。室内外异厂商时，建议采用 RF 规划和优化方案以及业务信道 PRB 随机化干扰解决方案。

4 结束语

本文针对 5G 部署中存在的室内外同频干扰问题进行了研究，提出了通过室分站点 RF 规划和优化以及控制信道和业务信道干扰协同规避和降低室内外的同频干扰问题。本文对不同的室内外同频干扰解决方案原理进行了详细的研究分析，并且针对室内外同频干扰解决方案的效果进行了测试验证，最后给出了室内外覆盖的同频干扰控制方案部署建议。

目前 5G 还处于室外宏基站部署阶段，室内分布系统部署还处于开始阶段，且网络还处于低负载情况，本文仅验证了在模拟加载情况下的干扰



解决方案效果,尚未对真实负荷情况下进行验证,因此后续将对现网真实情况下不同干扰场景下的情况进行研究分析,同步开展其他干扰解决方案的研究,进一步丰富室内外同频干扰解决方案。

参考文献:

- [1] 薛飞扬. 室内分布系统概述[J]. 邮电设计技术, 2004(11): 17-22.
XUE F Y. Summary on indoor coverage system[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2004(11): 17-22.
- [2] 袁建军, 赵玉丽. 同频干扰产生机理及特征分析[J]. 计算机与数字工程, 2015, 43(5): 812-816, 835.
YUAN J J, ZHAO Y L. Mechanism and characteristics of co-channel interference[J]. Computer & Digital Engineering, 2015, 43(5): 812-816, 835.
- [3] 尤力, 高西奇. 大规模 MIMO 无线通信关键技术[J]. 中兴通讯技术, 2014, 20(2): 26-28, 40.
YOU L, GAO X Q. Key technologies in massive MIMO wireless communication[J]. ZTE Technology Journal, 2014, 20(2): 26-28, 40.
- [4] 杨红梅, 彭恋恋, 弓美桃, 等. LTE 网络 CRS 功率配置及其影响研究[J]. 移动通信, 2016, 40(20): 27-30, 35.
YANG H M, PENG L L, GONG M T, et al. Study of CRS power configuration and impact in LTE network[J]. Mobile Communications, 2016, 40(20): 27-30, 35.
- [5] 郭希蕊, 张涛, 李福昌, 等. 中国联通 5G 数字化室分演进方案探讨[J]. 邮电设计技术, 2019(8): 7-11.
GUO X R, ZHANG T, LI F C, et al. Discussion on the evolution scheme of 5G digital indoor distribution
- [6] 赵云, 帅农村, 苗放. 一种微蜂窝室内吸顶式基站天线的研究[J]. 电波科学学报, 2003, 18(5): 564-569.
ZHAO Y, SHUAI N C, MIAO F. The study of a kind of base station antennas on the ceiling for indoor micro cellular system[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2003, 18(5): 564-569.
- [7] 李方, 黄震, 郭梦杰, 等. 5G NR 室内外同频组网方式探讨[C]//5G 网络创新研讨会. 出版地不祥: 出版社不祥, 2019.
LI F, HUANG Z, GUO M J, et al. Discussion on 5G NR indoor and outdoor same frequency networking mode[C]//Proceedings of 5G network Innovation Seminar. [S.l.:s.n.], 2019.
- [8] 马颖, 程日涛, 马向辰. 5G 室内外同频组网性能分析及解决方案[J]. 通信世界, 2019(32): 42-44.
MA Y, CHENG R T, MA X C. Performance analysis and solution of 5G indoor and outdoor same frequency networking[J]. Communications World, 2019(32): 42-44.
- [9] 王振章, 刁兆坤, 刘威, 等. 5G 微小站的规划设计研究[J]. 通信世界, 2021(3): 33-35.
WANG Z Z, DIAO Z K, LIU W, et al. Research on planning and design of 5G micro station[J]. Communications World, 2021(3): 33-35.
- [10] 刘翔飞. 基于 PRB 随机化策略研究提升 CQI 高阶占比[J]. 河南科技, 2020(22): 47-49.
LIU X F. Research on PRB randomization strategy to improve CQI higher order ratio[J]. Henan Science and Technology, 2020(22): 47-49.
- [11] 卫鸿婧, 郭宝, 张阳. 5G 密集组网架构中的集中与协同[J]. 测试科学与仪器, 2020, 11(1): 70-77.
WEI H J, GUO B, ZHANG Y. Centralization and collaboration in 5G ultra-dense network architecture[J]. Journal of Measurement Science and Instrumentation, 2020, 11(1): 70-77.
- [12] 吴俊华. 5G Massive MIMO 系统波束管理分析[J]. 中国新通信, 2019, 21(15): 88-89.
WU J H. Beam management analysis of 5G massive MIMO system[J]. China New Telecommunications, 2019, 21(15): 88-89.
- [13] 刘小琴, 宋永刚, 崔鹏. 5G 3D-MIMO 天线阵波束赋形仿真分析[J]. 电信快报, 2020(8): 27-29.
LIU X Q, SONG Y G, CUI P. Simulation analysis of 3D-MIMO beamforming for 5G antenna array[J]. Telecommunications Information, 2020(8): 27-29.

[作者简介]



郭希蕊(1983—), 男, 中国联合网络通信集团有限公司研究院高级工程师, 主要从事与无线通信研究相关的工作。

张涛(1979—), 男, 中国联合网络通信集团有限公司研究院高级工程师, 主要从事与无线通信研究相关的工作。

张强(1978—), 男, 中讯邮电咨询设计院有限公司高级工程师, 主要从事 5G 网络、增值业务网络建设和维护管理工作。

王东洋(1980—), 男, 中国联合网络通信集团有限公司研究院高级工程师, 主要从事与无线通信研究相关的工作。

杨艳(1984—), 女, 博士, 中国联合网络通信集团有限公司研究院教授级高级工程师, 主要从事与无线通信研究相关的工作。