

5G 干扰特征识别及解决方案研究


Research on 5G Network Interference Characteristics Recognition and Solution

陈 凯(中国移动通信集团上海有限公司,上海 200003)
Chen Kai(China Mobile Group Shanghai Co.,Ltd.,Shanghai 200003,China)

摘 要:

当5G网络中存在严重的上行干扰信号时,小区内用户上下行业务会受到影响,严重时会导致小区无法接入,影响用户的感知体验。重点介绍了NSA网络下5G各类上行干扰形成的主要原因,并从多个维度分析各干扰类型的时域、频域等典型特征,重点研究不同干扰类型的针对性解决方案,降低网络中的系统内外干扰,提升5G用户的感知体验。

关键词:

5G;系统内干扰;系统外干扰;干扰特征
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.04.008
文章编号:1007-3043(2021)04-0034-06
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

When there is serious uplink interference signal in 5G network, the uplink and downlink services of users under the cell will be affected, In serious cases, the cell cannot be accessed, Affect users' perception experience, This paper focuses on the formation of 5G uplink interference types in NSA networks, The typical characteristics of each interference type in time domain and frequency domain are analyzed from multiple dimensions. It focuses on different interference types of targeted solutions to reduce the interference inside and outside the system in the network and enhance the perception experience of 5G users.

Keywords:

5G; Intra-system interference; Intersystem interference; Interference feature

引用格式:陈凯. 5G 干扰特征识别及解决方案研究[J]. 邮电设计技术, 2021(4): 34-39.

1 概述

2019年是5G大规模建设元年,上海正加快新一代信息基础设施建设,打造“双千兆宽带城市”,当前已基本实现了中心城区和郊区重镇的5G网络全覆盖,已基本保障用户能够正常占用5G信号,但当5G小区存在严重的上行干扰信号时,驻留在小区内用户的上下行业务会受到影响,可能会出现接入、掉话、速率低等问题,严重影响用户的感知体验,本文重点介绍NSA网络下5G各种上行干扰类型形成的主要原因,识

别出各种干扰类型,针对各干扰类型的特征进行多维度分类,并研究各干扰类型的针对性解决方案,降低网络中的系统内外干扰,提升5G用户的感知体验。

2 5G 干扰类型分析

现网已发现的5G干扰类型主要分为三大类:5G系统内干扰、4G/5G系统间相互干扰、5G系统外干扰。其中外部干扰复杂多样,实际遇到的外部干扰种类比较多,常见干扰类型和来源主要如表1所示。

3 5G 干扰特征分类

针对现网发现的不同干扰类型,结合具体小区的

收稿日期:2021-03-02

表 1 5G 干扰类型分类

干扰类型	干扰子类型	干扰来源说明
5G 系统内干扰	邻区终端干扰	由于邻区用户上行发射信号过大,对本小区造成干扰
	时域类干扰	由于 TDD 系统内形成的干扰问题,主要有时钟失步干扰、环回干扰、超远干扰、帧偏置不一致干扰等
4G/5G 相互干扰	同频干扰	同频段 4G 小区对 5G 的干扰、4G 大气波导干扰远端 5G 基站、帧偏置不一致干扰等
5G 系统外干扰	窄带干扰	一些窄带信号产生的互调信号落入系统内
	阻塞干扰	小区内存在持续的大信号,导致 AAU 上行受到阻塞干扰影响;也可能是邻区用户上行大信号导致的,也可能是天面附近存在其他系统的信号
	杂散干扰	存在使用邻频的无线系统,其产生的杂散信号落在小区内上行带内,造成上行干扰
	异运营商/异厂商/其他设备的同频干扰	站点附近存在使用相同频段的其他 5G 系统,或者其他厂商的站点,由于上下行配比不同,造成下行信号对上行的干扰 部分伪基站使用 2.5 GHz 频段 5 MHz 带宽 一些无线网桥等设备使用 2.5 GHz 频段

实际干扰频谱情况,并基于干扰小区的时域、频域、干扰符号等多维特征,本章主要总结 5G 的干扰特征库。

3.1 5G 系统内干扰

3.1.1 5G 邻区用户间的相关干扰

5G 系统内邻区用户上行发射信号功率过大,会对本小区造成干扰。通过对 5G 系统内干扰较大的站点进行干扰分析监控,发现干扰主要集中在使用带宽的前段低频带内,典型频谱波形特征如图 1 所示。

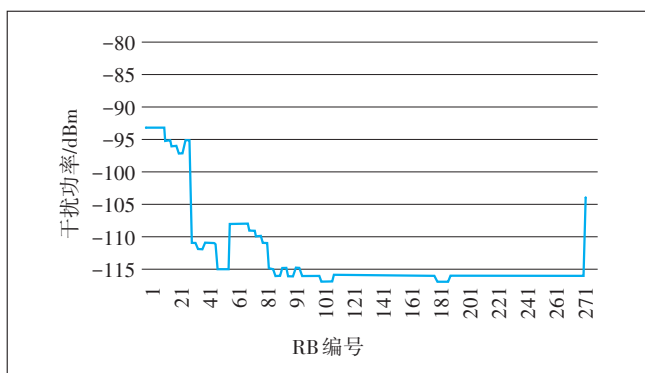


图 1 RB 级频谱干扰特征

3.1.2 基站间的帧偏置不对齐导致的时域上干扰

5G 为 TDD 上下行时分系统,2.6 GHz 5G 站间需要上下行完全对齐,如果基站间的帧偏置出现不一致,会导致 5G 下行干扰上行的情况,连续多个符号出现幅度一致的干扰,频域符号上的特征如图 2 所示。

3.2 4G/5G 相互干扰

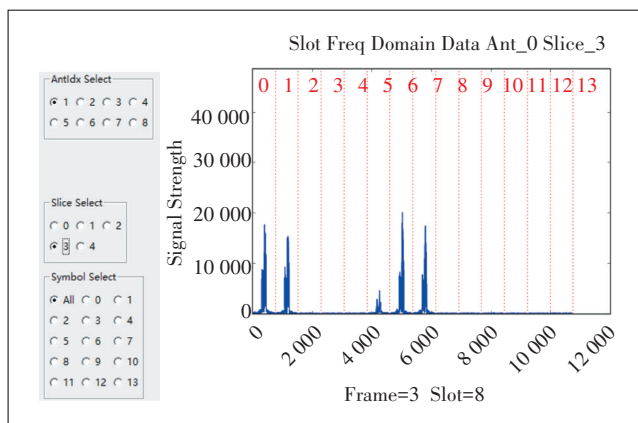


图 2 时隙频谱干扰特征

3.2.1 同频段 4G 小区对 5G 的干扰

当前网络下 2.6 GHz 频段内出现 5G 和 LTE 共存情况(见图 3),如 5G 开通区域内存在 4G 和 5G 小区存在重叠使用的频段,就会产生 4G 对 5G 的同频干扰。

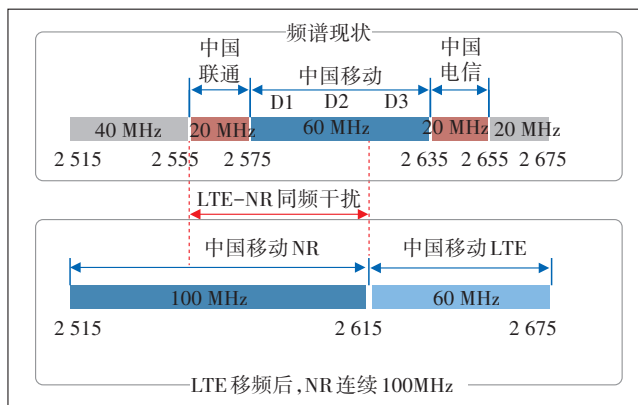


图 3 2.6 GHz 频段当前使用情况

LTE 频段 D1/D2 同频干扰有 2 种形式:一种是对应 D1/D2 的 PUCCH 信道干扰抬升明显,PUCCH 干扰现象如下:PRB 级干扰显示 RB164~167、RB216~219、RB220~223 存在高干扰;一种是对应 D1/D2 的 PUSCH 信道干扰抬升,PUSCH 干扰现象: D1/D2 PUSCH 对应的 PRB 上有干扰抬升,干扰不是一直存在,和同覆盖的 D1/D2 话务量、业务模型相关。

如图 4 所示,左侧频谱干扰特征属于 LTE 的 D1 同频干扰,其中 5G 的 100 MHz 带宽 273 个 RB 中的 RB164~167、RB216~219 干扰明显;图 4 右侧的频谱干扰特征属于 LTE D2 的同频干扰典型频谱特征,除 PUCCH 外 PUSCH 信道也存在干扰。

3.2.2 季节性大气波导

大气波导干扰属于 TDD 同频 DL 对远端 5G 的 UL 干扰,具有地域和季节特征,夜晚多发于春夏、夏秋之

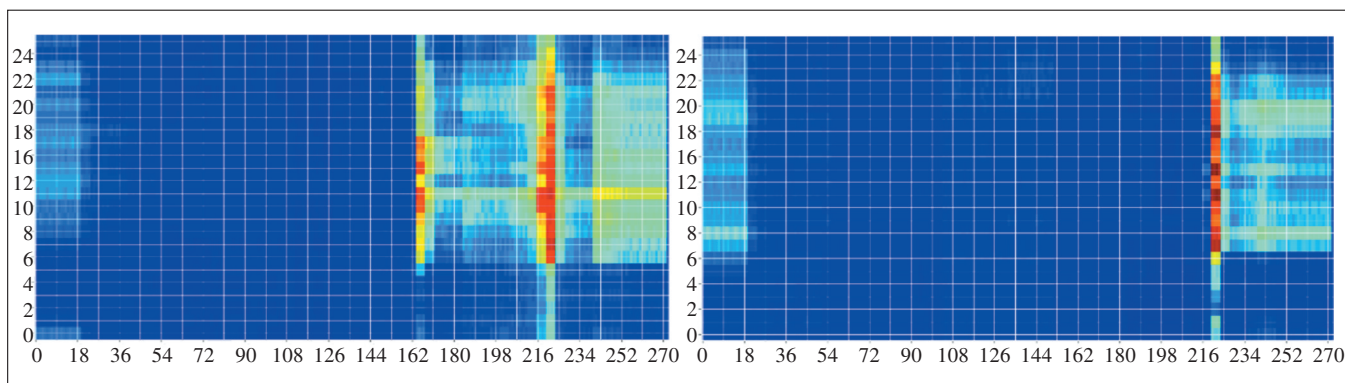


图4 4G对5G干扰频谱特征

交内陆郊区,冬季沿海。大气波导现象可以使远处gNodeB的大功率下行信号产生远距离传输而到达本端gNodeB,从而干扰本端gNodeB的上行接收,导致网络KPI下降。

大气波导干扰有如下特征。

- a) 众多远端基站导致大气波导具有干扰斜坡特征。
- b) 传播距离影响被干扰的符号数,距离越远受干扰符号越多。

从地理分布上看,上海近期突增的大面积大气波导干扰小区主要集中在崇明岛、长兴岛、南汇、东海大桥、金山、松江、浦东局部区域。受干扰站点的干扰谱图如图5所示,在干扰特定时间段,D1/D2频段的干扰现象非常明显,D1频段更严重。

3.2.3 LTE和5G帧偏置不对齐导致的干扰

5G的2.6 GHz小区与LTE-TDD 2.6 GHz小区共用2.6 GHz频段进行组网的情况下,会出现由于子帧结构

不同,收发时隙不一致,导致相互干扰。如图6所示,红色框中的都是可能被干扰的区域。

只有将5G和LTE-TDD的帧结构配置一致(见图7),即在TDD-LTE帧偏置基础上+3 ms才能规避相互之间干扰的问题。

3.3 5G系统外干扰

现网发现的外部干扰主要有宽带和窄带2种,已发现的干扰源有视频回传设备、伪基站和公安设备等。

3.3.1 大带宽的外部干扰

有全频段、部分频段,干扰现象特殊,需要扫频确认干扰源设备。PRB级干扰指标上呈现全带宽或者80 MHz带宽的抬升,干扰24 h稳定存在(见图8)。

3.3.2 窄带干扰

主要集中在部分RB,有5/10/15/40 MHz等干扰带宽。干扰一般24 h稳定存在,干扰值波动小(见图9)。

3.3.3 阻塞干扰

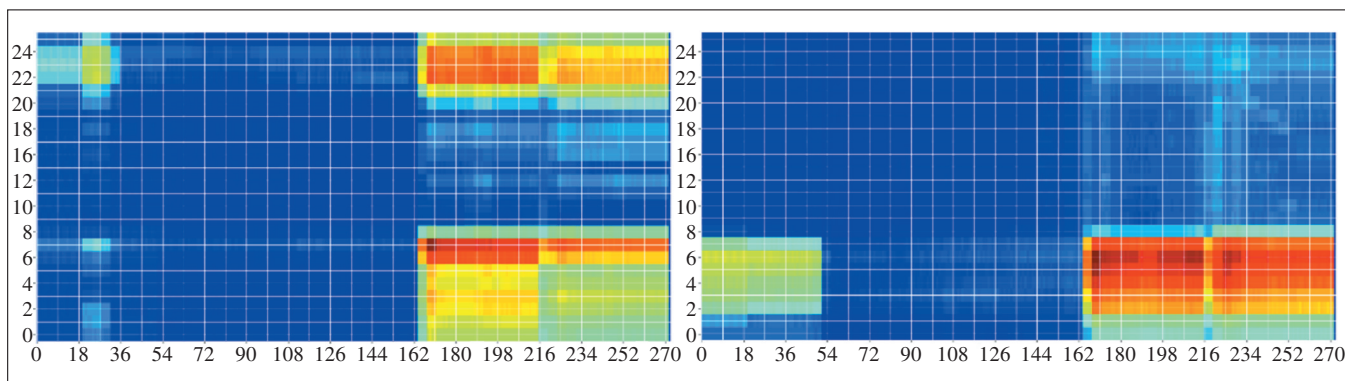


图5 大气波导干扰频谱特征

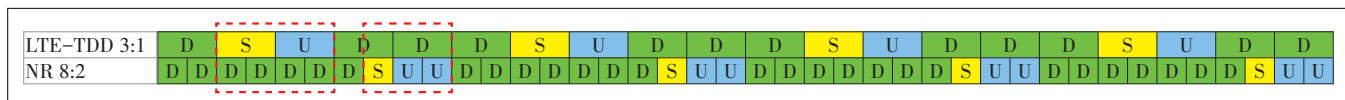


图6 LTE和5G帧偏置不对齐干扰特征

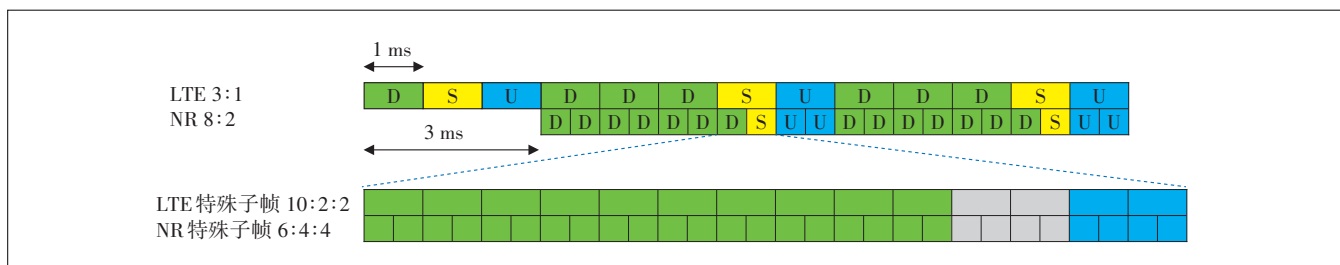


图7 LTE 和 5G 帧偏置对齐配置

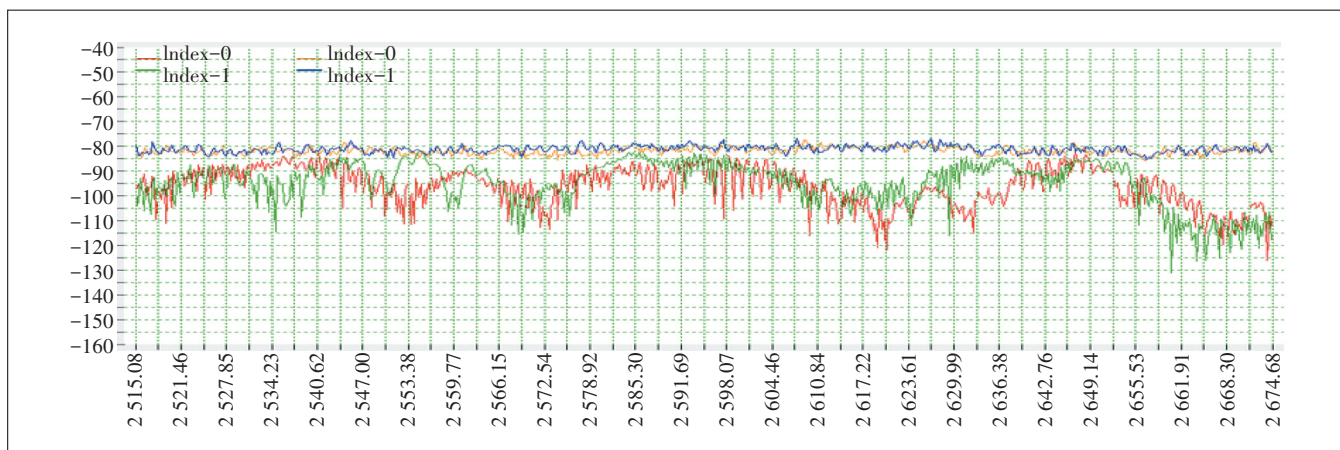


图8 宽带干扰频谱特征

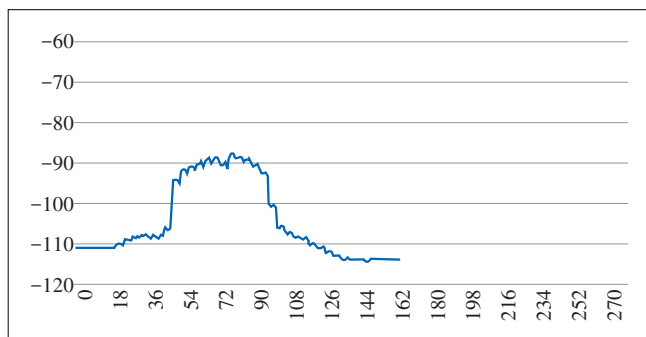


图9 窄带干扰频谱特征

干扰特征是斜坡式的,当外部干扰强于-55 dB 时,设备解调出现非线性现象,属于阻塞干扰(见图 10);当干扰信号减弱时,干扰呈现窄带抬升现象。

4 5G 干扰解决方案

针对 5G 不同的干扰类型,结合现网实施验证情况,制定对应的干扰解决方案如图 11 所示。

4.1 5G 系统内干扰解决方案

针对 5G 系统内小区邻区间的相关干扰,通过上行干扰随机化调度、功控参数、预调度进行优化。

4.1.1 上行干扰随机化

针对 5G 多小区组网场景,通过上行干扰随机化调

度功能,将相邻小区的资源分配位置尽可能错开,这样可以降低邻区 UE 对本小区的上行干扰,提升中低负载时的上行系统容量和边缘用户吞吐率(见图 12)。

功能开启前,相邻小区之间的 RB 资源分配起始位置未错开,上行调度 RB 资源均从频带的同一起始位置开始调度, RB 资源位置重叠概率大,邻区 UE 对本小区的上行干扰较大。功能开启后,根据小区 PCI 不同,将相邻小区之间的 RB 资源分配的起始位置错开,上行 RB 资源从频带的不同起始位置开始调度,从而降低邻区 UE 对本小区的上行干扰。

在现网进行功能实施验证,功能开启前大部分(91.7%)预调度是在 RB13 开始的 27 个 RB,可以证实内部干扰和预调度有关,从理论分析也确认背景用户会对业务用户造成干扰,符合预期;上行干扰随机化功能打开后,整体干扰不再集中在低频带,而是比较均匀的分布在全带宽上。RB0~RB12 的干扰整体约有 0.5 dB 的改善。

4.1.2 5G 功控参数优化

5G 系统内的 RB0~RB12 的干扰,主要来自于 PUCCH 和 PRACH 信道。通过 5G 侧 PUCCH 和 PRACH 功控参数优化后,干扰可以降低 0.5 dB,改善幅度和话务模型强相关。

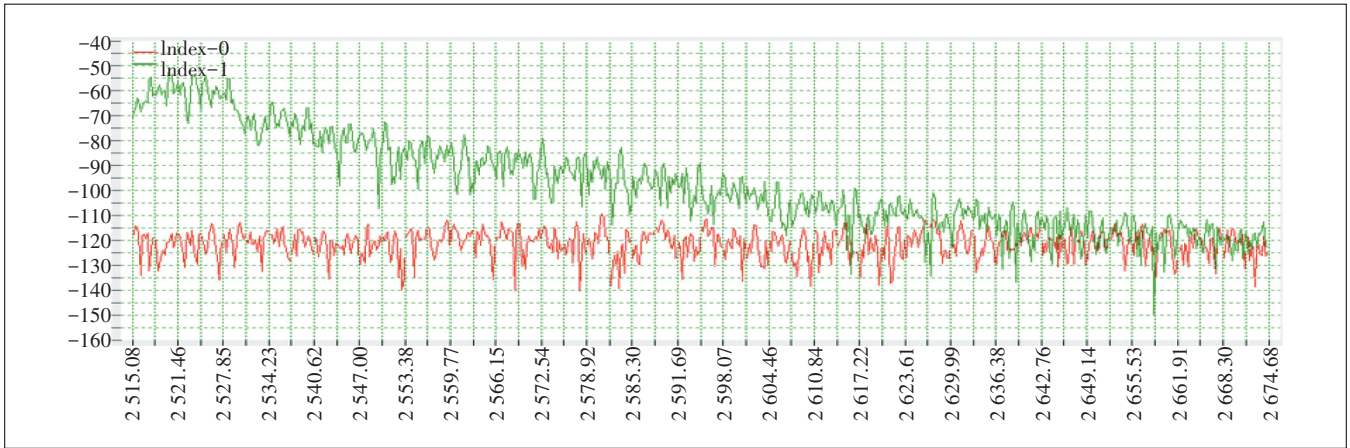


图 10 阻塞干扰频谱特征

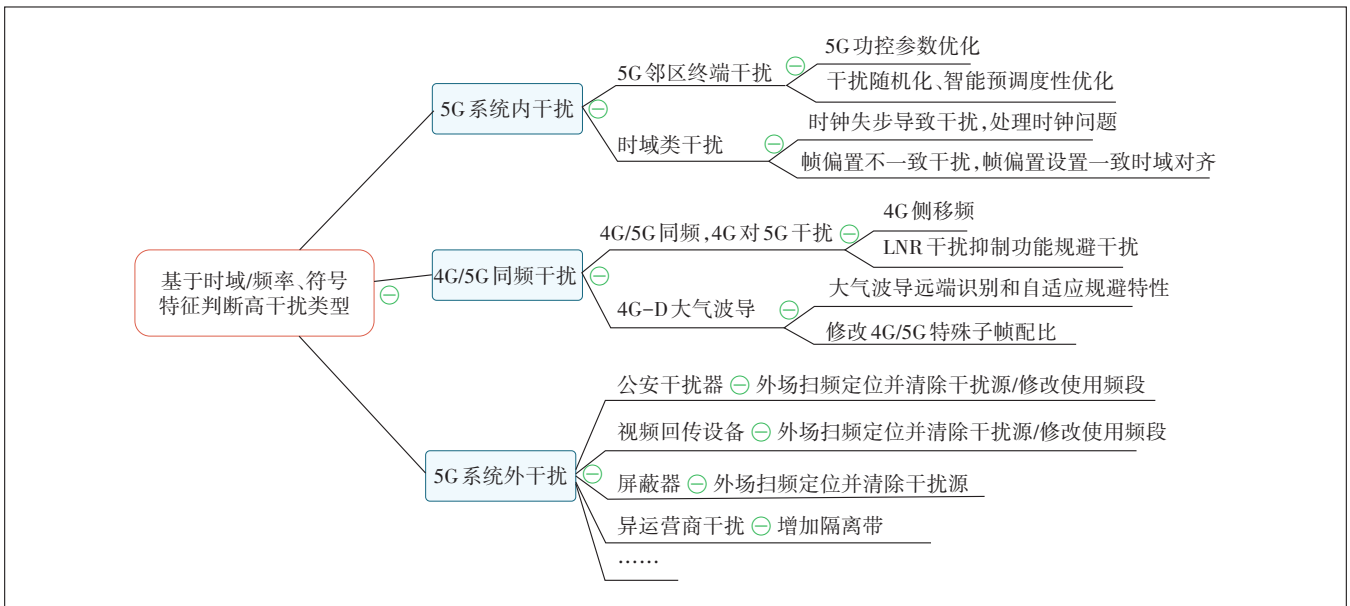


图 11 5G 干扰解决方案

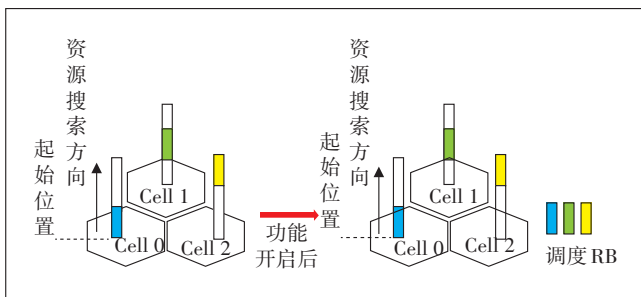


图 12 上行干扰随机化功能方案

4.1.3 智能预调度参数优化

预调度是指不论 UE 是否向 gNodeB 发送 SRI 请求, 每隔一段时间 gNodeB 都会主动调度一次 UE, 以减少 UE 发送 SRI 获得上行调度授权的时间。基本预调

度是指无论 UE 是否有业务请求, 只要有剩余调度资源, 该 UE 就会被持续调度。智能预调度是指当 UE 没有业务请求时, UE 进入 DRX 休眠期, 只有在智能预调度持续时长内, UE 处于激活态, 才会被调度。打开智能预调度, 预调度消耗空口资源减少, 上行 PRB 利用率下降, 干扰也会降低 (见图 13)。

现网进行该功能实施后, 白天全带宽的干扰值平均降低了 0.5 dB, 同时上行 PRB 利用率下降 1.5%。

针对现网 5G 内部用户间存在的上行干扰, 可以通过智能预调度、上行干扰随机化、功控参数来进行优化, 整网平均干扰可以降低 1 dB 左右。

4.2 4G/5G 间相互干扰解决方案

4.2.1 LTE 侧 D1 和 D2 频段进行退频

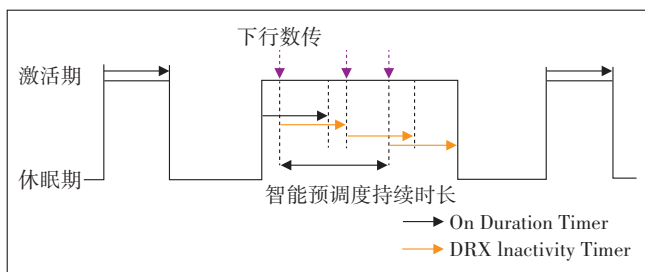


图 13 智能预调度功能方案

建议结合 LTE 话务模型和发展趋势,阶段性进行 LTE 的 D 频率使用策略重耕,2.6 GHz 的前 100 MHz 带宽全部用作 5G。

4.2.2 LTE 功控参数优化

LTE D1/D2 和 5G 同覆盖下,终端上行发射导致的干扰强度和覆盖区域大小、无线环境、用户数有比较大的关联。通过优化干扰源 LTE D1/D2 小区的 PUCCH 功控参数,降低终端发射功率,从而降低对 5G 系统的干扰。

4.2.3 4G 和 5G 间的干扰协同特性实施

LNR 特性通过干扰与非干扰带宽独立测量,避免部分频带受干扰拉低整个带宽 MCS,并可以基于测量结果,用户自适应调度不同带宽,躲避干扰频带,通过 UCI 上报提升资源调度效率,以较少 RB 数量承载更大速率。

4.2.4 大气波导解决方案

方案 1:5G 干扰问题小区仅在 D1/D2 频段上有干扰,可以修改小区带宽为 60 MHz,使用 2 515~2 575 MHz 频段;但将 5G 100 MHz 带宽修改成 60 MHz 带宽,也会影响 5G 下载速率。

方案 2:采用 5G 小区的特殊子帧配置 SS55,通道校正使用上行 slot 上的符号进行发送,规避干扰导致的通道校正失败问题。

方案 3:利用基站产品的大气波导解决方案特性,进行远端干扰源检测和自适应干扰规避,降低大气波导干扰的影响,主要包含 2 个方面。

a) 大气波导干扰源识别:RIM-RS 序列检测和发送可精准识别 200 km 范围内的大气波导干扰源。

b) 自适应干扰规避:基于精准干扰源检测的自适应规避方案,通过延长本端符号发送时间进行干扰规避。此功能需要远端和本端同时打开 RIM-RS 序列发送和检测功能,才能识别干扰并进行规避。

4.3 5G 系统外干扰解决方案

针对 5G 系统外的干扰源,需要进行外场扫频确定

干扰源,基于实际情况关闭干扰源或修改干扰源使用频段,降低对 5G 系统的干扰。

确定为外部干扰源后可以使用以下方法来初步判断外部干扰源位置。

a) 利用 MapInfo 软件的干扰定位方法。可以利用 MapInfo 工具通过对基站上行干扰数据分析,找出扇区的交集区域判定这些扇区交集可能是干扰存在的大致区域。

b) 利用三点定位法排查外部干扰源。干扰定位是查找干扰源的过程,干扰源一般是有源器件,因此干扰排查时一定要特别注意有源器件,如监控摄像、伪基站、干扰机等有源器件。常用的方法是三点定区域,逐次逼近的方法。所谓逐次逼近的方法是指在确定的干扰区域里,利用干扰扫频仪使用定向天线按照仪器显示的干扰强度,多方向逐渐向干扰最强的位置逼近,最终发现干扰的方法。

5 结束语

本文重点介绍了 NSA 网络下 5G 各种上行干扰类型形成的主要原因,识别出主要三大类干扰类型:5G 系统内干扰、4G/5G 系统间相互干扰、5G 系统外干扰,详细介绍了 5G 邻区用户间的相关干扰、4G/5G 使用同频段下的干扰情况、春秋季节易发的大气波导以及宽带和窄带的外部干扰情况,并针对各干扰类型的特征从时域、频域等进行多维度分类,从系统功能特性、4G/5G 间干扰协同、外部干扰排查等方面研究各干扰类型的针对性解决方案,从而降低网络中的系统内外干扰,切实提升 5G 用户的感知体验。

参考文献:

- [1] 张传福. 5G 移动通信系统及关键技术[M]. 北京:电子工业出版社,2018.
- [2] 工业和信息化部. 工业和信息化部向基础电信运营企业发放 5G 系统试验频率使用许可[EB/OL]. [2020-12-16]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-12/10/content_5347501.htm.

作者简介:

陈凯,学士,主要从事 4G/5G 网络无线网优化及技术研究工作。

