

# 5G上行干扰识别和处理研究

## Research on 5G Uplink Interference Identification and Processing

方东旭<sup>1</sup>,王丽秋<sup>2</sup>,薛晓宇<sup>2</sup>,方义成<sup>2</sup>(1. 中国移动通信集团重庆有限公司,重庆 401121;2. 中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司,重庆 401147)

Fang Dongxu<sup>1</sup>,Wang Liqiu<sup>2</sup>,Xue Xiaoyu<sup>2</sup>,Fang Yicheng<sup>2</sup>(1. China Mobile Group Chongqing Co.,Ltd.,Chongqing 401121,China;2. China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd. Chongqing Branch,Chongqing 401147,China)

### 摘要:

5G拥有更大的传输带宽,也存在着更多的干扰。将5G干扰小区按每20 MHz带宽进行分段,以分段后的干扰值识别小区干扰。并以干扰范围、干扰强度、业务量3个维度的指标对干扰小区进行综合排序,确定干扰小区的处理优先级。然后通过被干扰PRB在频域的分布特征,对干扰类型进行初步识别。可以有效地支撑5G干扰优化工作,在保障用户满意度的同时,将有限资源充分利用,降低5G的运营成本。

### 关键词:

分段识别;用户感知;综合排序;5G干扰;波形图  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.04.011  
文章编号:1007-3043(2022)04-0055-04  
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:

5G has larger transmission bandwidth and faces more network interference. 5G interfering cells are segmented by 20 MHz bandwidth, and cell interference is identified based on the segmented interference value. In addition, interference cells are sorted by interference range, interference strength, and traffic volume to determine the processing priority of interference cells. Then, interference types are preliminarily identified based on the distribution characteristics of interfered PRBs in the frequency domain. This feature effectively supports 5G interference optimization, ensures user satisfaction, fully utilizes limited resources, and reduces 5G operation costs.

### Keywords:

Segmented recognition; User perception; Comprehensive ranking; 5G interference; Waveform

引用格式:方东旭,王丽秋,薛晓宇,等. 5G上行干扰识别和处理研究[J]. 邮电设计技术,2022(4):55-58.

## 0 前言

大带宽是5G的特性之一。在5G NR中,定义了2种频段范围,FR1和FR2;FR1表示低频频段,最大支持100 MHz带宽;FR2表示毫米波高频频段,最大支持400 MHz带宽。大带宽伴随的是更多的网络干扰,随着5G网络的持续发展,5G网络干扰问题将日益凸显。如何开展5G小区干扰识别和优化,已经成为运营商优化维护中的重点工作之一。

本文将5G小区的干扰情况进行分段分析,分别计

算5G小区每20 MHz带宽的平均干扰值,当分段平均干扰值的最大值满足干扰小区门限,则判断该小区为受干扰小区;然后通过受干扰的分段数、各分段干扰值以及小区业务量3种因素,对目标干扰小区进行综合排序,得到干扰小区的处理优先级;再根据干扰小区PRB的干扰程度和分布特征,识别对应的干扰类型,以便于现场扫频中快速甄别干扰源,以达到快速支撑5G干扰优化工作,达到提升5G网络质量和用户感知的目的。

## 1 5G干扰现状

目前5G小区的干扰判定方法,通常以指标“上行

收稿日期:2022-02-28

每 PRB 的接收干扰噪声平均值”作为判断标准, 当该指标取值大于门限  $M$ , 则判定该小区有干扰, 一般情况下门限  $M = -107$  dBm。以该方法统计某地(市)5G 干扰小区数量为 385 个, 干扰占比为 1.58%。

从目前已排查的干扰小区情况分析, 5G 小区主要受到外部干扰, 干扰类型为屏蔽器干扰和无线网桥干扰。屏蔽器干扰主要由学校考试时开启屏蔽器产生, 无线网桥干扰主要由码头、仓库、居民楼使用的无线监控非法占用 5G 频段产生(见图 1)。

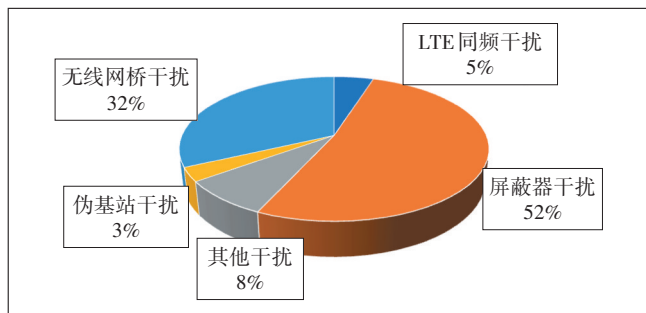


图 1 各 5G 干扰类型占比

## 2 5G 干扰小区识别

### 2.1 干扰分段

5G 100 MHz 带宽的小区, 采用 30 kHz 子载波间隔时, 拥有 273 个 RB。当仅有部分 RB 被干扰时, 平均干扰值有可能达不到门限  $M$  而被忽略。

为了更精准地了解 5G 小区被干扰情况, 将 5G NR 小区 100 MHz 频段按 20 MHz 带宽划分为: D4、D5、D6、D1、D2 共 5 个分段, 如表 1 所示。

表 1 频段划分规则

PRB 编号范围	PRB 数量	带宽/MHz	频段
0~54	55	20	D4
55~108	54	20	D5
109~163	55	20	D6
164~217	54	20	D1
218~272	55	20	D2

### 2.2 分段干扰强度计算

将 5G 小区分段后, 分别计算每个分段的干扰值, 计算步骤如下。

第 1 步: 将频域 PRB 底噪电平值转换为对应的功率值。

第 2 步: 将所有 PRB 的功率值求平均。

第 3 步: 把功率值的平均值转换为底噪对应的电平值, 得到分段平均干扰值。

具体如下:

D4 频段干扰均值的计算公式为:

$$P_{D4} = 10 \times \lg \left( \frac{\sum_{i=0}^{54} 10^{\frac{NI_{PRB_i}}{10}}}{55} \right)$$

D5 频段干扰均值的计算公式为:

$$P_{D5} = 10 \times \lg \left( \frac{\sum_{i=55}^{108} 10^{\frac{NI_{PRB_i}}{10}}}{54} \right)$$

D6 频段干扰均值的计算公式为:

$$P_{D6} = 10 \times \lg \left( \frac{\sum_{i=109}^{163} 10^{\frac{NI_{PRB_i}}{10}}}{55} \right)$$

D1 频段干扰均值的计算公式为:

$$P_{D1} = 10 \times \lg \left( \frac{\sum_{i=164}^{217} 10^{\frac{NI_{PRB_i}}{10}}}{54} \right)$$

D2 频段干扰均值的计算公式为:

$$P_{D2} = 10 \times \lg \left( \frac{\sum_{i=218}^{272} 10^{\frac{NI_{PRB_i}}{10}}}{55} \right)$$

其中  $NI_{PRB_i}$  表示第  $i$  个 PRB 的底噪电平值。

干扰值越大, 对用户的影响越大。当干扰电平在  $-107 \sim -105$  dBm 时, 时延有所增加; 当干扰电平在  $-105 \sim -100$  dBm 时, 体验速率有所降低; 当干扰电平在  $-100 \sim -95$  dBm 时, 浏览网页存在明显卡顿; 当干扰电平在  $-95 \sim -90$  dBm 时, 用户语音通话容易掉线; 当干扰电平大于  $-90$  dBm 时, 用户接入网络困难。

因此, 定义 5G 小区的整体干扰电平取分段的电平的极大值,  $P = \text{MAX}(P_{D4}, P_{D5}, P_{D6}, P_{D1}, P_{D2})$ 。

### 2.3 干扰小区识别

以  $P$  值大小进行干扰小区识别, 当  $P > -107$  dBm 时, 判定目标小区存在 5G 干扰; 当  $P \leq -107$  dBm 时, 判定目标小区不存在 5G 干扰。以该方法统计相同地(市)5G 干扰小区数量有 454 个, 干扰占比为 1.86%, 相比传统方法增加 17.92%, 干扰小区的识别更精准。

## 3 5G 干扰小区等级确定

干扰小区的处理过程是很复杂的, 定位干扰源的过程通常需要长达多天的扫频测试, 耗费大量的人力和物力资源。为了将有限的资源投入到最值得的地方, 确定 5G 干扰小区的处理优先级显得尤为重要。

本文从干扰范围、干扰强度、小区业务量3个维度,对干扰小区进行综合排序,确定干扰小区的处理优先级(见图2)。干扰范围和干扰强度表现了小区受干扰影响的程度,而小区业务量则表示了该小区的价值,小区业务量越大,则表示受干扰的高价值用户越多。

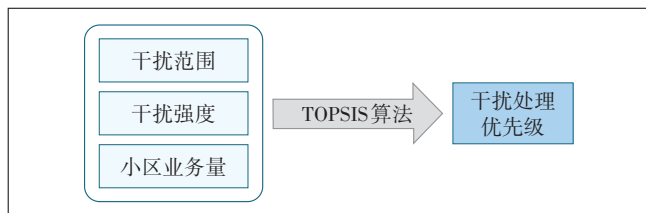


图2 5G干扰处理优先级排序

### 3.1 干扰等级划分

根据干扰范围、干扰强度、小区业务量分别对网络质量影响的程度,划分不同的优先等级,具体如表2所示。

表2 优先级划分规则

干扰范围		干扰强度		小区业务量	
带宽/MHz	干扰范围优先级	干扰值/dBm	干扰强度优先级	业务量/GB	业务量优先级
100	1	干扰值 > -90	1	业务量 > 200	1
80	2	-95 < 干扰值 ≤ -90	2	100 < 业务量 ≤ 200	2
60	3	-100 < 干扰值 ≤ -95	3	50 < 业务量 ≤ 100	3
40	4	-105 < 干扰值 ≤ -100	4	10 < 业务量 ≤ 50	4

### 3.2 TOPSIS综合排序算法

把综合评价的问题列成矩阵,通过矩阵归一化确定正理想解和负理想解,然后计算每一个被评价的对象与正理想解和负理想解之间的差距,再比较与理想解的接近度,从而得出综合评价排名。其具体计算流程如下。

步骤1:将趋势化相同的原始矩阵 $X_{ij}$ 归一化处理,得到归一化矩阵 $Z_{ij}$ 。其中, $X_{ij}$ 表示第*i*个小区的*j*指标优先级,本示例中,表2可表示为( $n \times 3$ )的矩阵 $X_{ij}$ , $i$ 表示小区数, $i = 1,2,3,\dots,n$ ;  $j$ 表示指标数, $j = 1,2,3$ ,则

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}$$

步骤2:经过归一化处理后,可以得到干扰范围、干扰强度、小区业务量3个维度最优指标(正理想解 $Z^+$ )和最差指标(负理想解 $Z^-$ ):

$$Z^+ = (Z_{\max}^{\text{干扰范围}}, Z_{\max}^{\text{干扰强度}}, Z_{\max}^{\text{小区业务量}}),$$

$$Z^- = (Z_{\min}^{\text{干扰范围}}, Z_{\min}^{\text{干扰强度}}, Z_{\min}^{\text{小区业务量}}).$$

步骤3:分别计算每个小区到正 $Z^+$ 和 $Z^-$ 之间的欧氏距离,计算公式如下: $D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^3 (Z^+ - Z_{ij})^2}$ , $D_i^+$ 表示

到干扰程度小、业务量小的距离; $D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^3 (Z^- - Z_{ij})^2}$ , $D_i^-$ 表示到干扰程度大、业务量大的距离。

步骤4:计算本小区指标与最优指标的接近程度

$$L_i, L_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}.$$

步骤5:对各小区接近程度 $L_i$ 进行排序,数值越小,干扰处理优先级越高。

## 4 5G常见干扰类型识别

目前5G常见干扰类型有:伪基站干扰、D频段未退频干扰、屏蔽器干扰、无线网桥干扰。通过统计PRB干扰数据的分布特征,以及每种干扰类型常出现的干扰分段,对干扰类型进行识别。

### 4.1 伪基站干扰

伪基站干扰原理:伪基站独立于运营商网络,又与运营商的网络同频率,导致运营商正常的网络信号被干扰。

伪基站干扰波形图:频段内连续20~40个PRB底噪抬升,其余PRB底噪无抬升,常出现在频段D1、D2中,如图3所示。

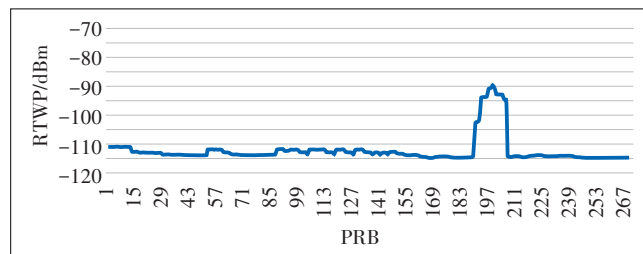


图3 伪基站干扰波形图

### 4.2 D频段未退频干扰

D频段未退频干扰原理:LTE-TDD和5G系统存在频谱重叠区,2个系统间在频谱重叠区域相互干扰。

D频段未退频干扰波形图:仅在D1、D2频段连续超过50个PRB底噪抬升,其余PRB底噪无抬升,如图4所示。

### 4.3 屏蔽器干扰

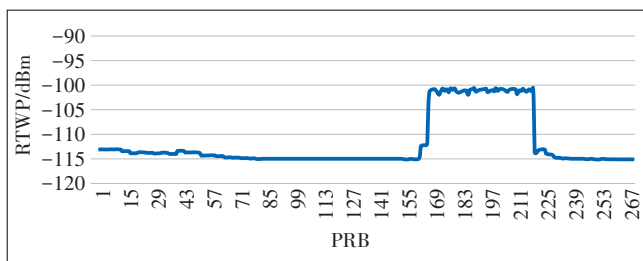


图4 D频段未退频干扰波形图

屏蔽器干扰原理:从信道的低频段向高频段以一定的速度扫描,使手机接收报文信号中形成乱码干扰。屏蔽器干扰波形图如图5所示,全频段PRB底噪抬升或者后80 MHz频段的PRB底噪抬升。

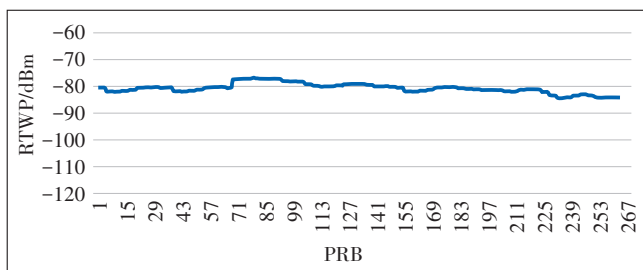


图5 屏蔽器干扰波形图

#### 4.4 无线网桥干扰

无线网桥干扰原理:无线监控设备发射信道占用5G的D4&D5频段。无线网桥干扰波形图如图6所示,仅在D4、D5频段连续超过30个PRB底噪抬升,其余PRB底噪无抬升。

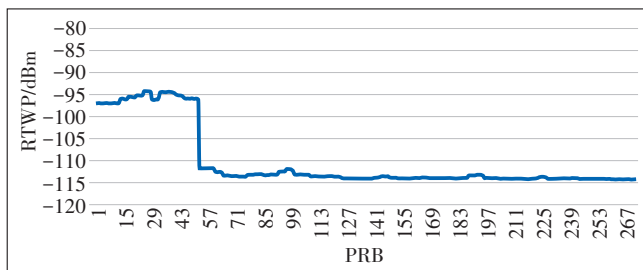


图6 无线网桥干扰波形图

### 5 5G干扰优化工具及优化效果

将以上所述的干扰小区识别和干扰等级排序以及常见干扰类型识别过程,通过工具化实现,可以有效地提高干扰监测的时效性和准确性。5G干扰识别工具只需要从网管中导出5G小区业务量以及273个RB的干扰值,通过程序自动计算和处理,即可得到目标区域的受干扰小区处理优先级和干扰类型,如表3所示。

表3 5G干扰处理和分类自动识别工具

小区名称	受干扰带宽/MHz	干扰强度/dBm	业务量/GB	干扰类型	处理优先级
小区1	20	-101	41	杂散干扰	3
小区2	60	-85	12	D1、D2干扰	2
小区3	40	-96	142	帧偏干扰	1

某地(市)将5G干扰识别工具投入应用,5G干扰小区占比从2.52%降低到1.67%。同时将干扰引发的投诉占比由2.38%下降到0.66%,有效地提升了用户满意度。

### 6 结束语

5G的大带宽特性为用户带来高速体验和良好感知的同时,也更容易受到外界的干扰。本文通过对5G干扰小区进行分段分析和处理,确定干扰小区的处理优先级,同时对小区干扰类型进行初步识别。有助于提高5G干扰问题的识别精确度和5G干扰源的扫频定位速度,将有限的干扰处理资源投入到对网络影响最大的干扰处理工作中,不仅能够提升用户网络感知还能降低运营商的OPEX。

#### 参考文献:

- [1] 宋心刚,张冬晨,李行政,等. 2.6 GHz频段5G上行干扰分析与识别研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2021, 34(4): 74-81.
- [2] 张涛. 室内分布系统干扰问题和解决方案研究[J]. 邮电设计技术, 2015(12): 43-47.
- [3] 宋心刚,张冬晨,李行政,等. 5G NR上行干扰问题研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2020, 33(3): 79-87.
- [4] 王科,杨宗林,袁满. LTE干扰抑制极码载波技术研究[J]. 邮电设计技术, 2019(9): 71-73.
- [5] 逢天洋,李永贵,牛英滔,等. 通信电子干扰的分类与发展[J]. 通信技术, 2018, 51(10): 2271-2278.
- [6] 胡炫光. 5G NR系统共存干扰研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2019.
- [7] 徐齐利. TOPSIS综合评价系统设计与实现[J]. 信息与管理研究, 2020, 5(Z1): 70-81.
- [8] 沈弋轩. 基于TOPSIS法的无线异构网络的最优选择研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2015.
- [9] 许国平. 大气波导干扰对5G NR的影响预研和应对措施探讨[J]. 邮电设计技术, 2019(8): 34-39.

#### 作者简介:

方东旭,高级工程师,硕士,主要从事移动通信、网络优化、人工智能、数据挖掘等相关工作;王丽秋,高级工程师,硕士,主要从事移动通信核心网业务相关咨询设计工作;薛晓宇,工程师,学士,主要从事4G、5G无线网络规划优化等工作;方义成,工程师,学士,主要从事5G无线网络优化、智能运维等工作。