

4G/5G干扰协同优化策略研究

陈永朝,邱世阳,沈楚钦

(广东邮电职业技术学院,广东广州 510630)

【摘要】5G发展迅速,但在目前的移动通信网络中,4G仍然占据着重要地位,4G与5G的共存关系将长期保持。4G/5G共建共享的复杂组网架构下,将不可避免地产生两张网络之间的干扰问题。文章从4G/5G两张网络协同组网的角度出发,重点针对涉及干扰相关参数的协同配置策略进行研究,根据网络的不同应用场景与参数配置,提出相应的干扰协同优化策略,确保有效降低网络干扰,提升网络服务质量。

【关键词】4G/5G干扰协同;帧结构;SUL;PCI;动态频谱共享

【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2022.02.003】

【中图分类号】TN929.5

【文献标识码】A

【文章编号】2095-7661(2022)02-0009-03

Research on 4G/5G Interference Cooperative Optimization Strategy

CHEN Yong-chao, QIU Shi-yang, SHEN Chu-qin

(Guangdong Vocational College of Post and Telecom, Guangzhou, Guangdong, China 510630)

Abstract: 5G is developing rapidly, but in the current mobile communication network, 4G still occupies an important position, and the coexistence relationship between 4G and 5G will be maintained for a long time. Under the complex networking architecture of 4G/5G co-construction and sharing, interference between two networks will inevitably occur. From the perspective of cooperative networking of two 4G/5G networks, this paper focuses on the research of cooperative configuration strategies involving interference related parameters, and puts forward corresponding interference cooperative optimization strategies according to different application scenarios and parameter configurations of the network, so as to effectively reduce network interference and improve network service quality.

Keywords: 4G/5G interference coordination; frame structure; SUL; PCI; dynamic spectrum sharing

《2021中国5G&AI年度报告》^[1]指出,5G不会在短期内完全改变或颠覆电信领域或其它行业,运营商应着眼于现实,避免过度投入,制定4G/5G协同发展策略。未来十年,4G仍将与5G长期共存,以提供相对无缝的用户体验。

在5G网络建设初始阶段,为了节省网络建设成本,缩短建网周期以尽快实现5G网络业务的商用,国内外大多数电信运营商选择了NSA的组网架构。因此,5G网络的建设将是基于4G网络进行的长期的升级演进、替换、迭代的渐进过程,通过5G与4G融合组网以实现平滑过渡。这也意味着,5G网络的建设将采取与4G共建共享的策略,包括站址

共享、设备共享、天面共享、功率共享、频率共享等^[2]。网络资源的共享能够带来很多方面的好处,但同时也产生了诸多的网络问题,特别是频率资源的共享产生网络之间的干扰问题。因此,需要处理好4G和5G在资源共享上产生的冲突,做好两张网络的协同优化以有效降低网络干扰,从而保障4G网络性能无损、5G网络性能最大化。因此,文章将重点围绕如何有效降低网络干扰,开展4G/5G干扰协同优化策略的研究。

1 4G/5G协同面临的干扰问题与挑战

根据4G与5G的频谱分配现状,2.6 GHz同时用于4G与5G网络的建设,划分的频段范围为2515 MHz ~

【收稿日期】 2022-04-30

【作者简介】 陈永朝(1980—),男,广东湛江人,广东邮电职业技术学院移动通信学院专任教师,通信中级工程师,研究方向:移动通信技术、无线网络规划与优化。

【基金项目】 2022年广东邮电职业技术学院校级质量工程项目“4G/5G干扰协同优化策略研究”(项目编号:202254)。

2675 MHz。目前已将2515 MHz~2615 MHz作为5G网络的主覆盖频段,与4G网络正在使用的2575 MHz~2635 MHz存在40 MHz的重叠,可能会产生4G与5G网络之间的同频干扰问题^[3]。虽然目前网络规划采取了LTE移频方案,将4G网络的D频段往后移40 MHz,但4G与5G所用频段非常接近且没有设置保护间隔,也有可能因为邻频信号泄露导致网络干扰问题。

另外,由于5G使用的频谱相对较高,作为移动通信薄弱环节的上行链路会首先受限。但是,低频谱资源又比较稀缺,绝大部分已经被其它通信系统占用,因此,业界提出了SUL技术,通过提供一条补充的上行链路(一般处于低频段,例如4G频段)来增强上行覆盖,但同时也会带来同频干扰问题。

随着5G网络建设规模越来越大,4G/5G用户数及业务量的持续增长,网络干扰问题会变得愈发严重。另外,随着5G网络覆盖范围的逐步扩大、业务应用的不断拓展也会带来新的挑战。因此,解决4G与5G网络之间的干扰问题是移动通信网络运维过程中一门重要的课题。

2 4G/5G干扰协同优化策略

在4G与5G共建共享的大背景下,根据通信工程项目中大量的无线网络测试优化结果,可以得出引起4G与5G网络之间干扰的因素是多方面的,其中常见的主要因素包括:帧结构参数配置不当、PCI配置不合理、频谱分配问题、SUL技术应用、同频插花组网、无线网络覆盖结构混乱等。其中,同频插花组网与无线网络覆盖结构混乱问题,需要在网络建设与日常维护工作中坚持不懈地进行精细化建设维护,包括新建站规划、天线调整、覆盖优化等。以下分别从参数设置、频谱分配以及SUL新技术应用三个方面探讨干扰协同优化策略。

2.1 帧结构参数的协同优化

2.6 GHz频段作为5G网络的主覆盖频段之一,

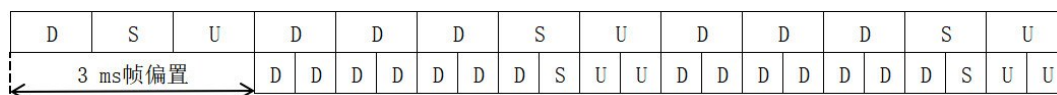


图1 4G(第一行)与5G(第二行)上下行转换点对齐示意图^[4]

除此之外,4G与5G网络的特殊子帧/时隙也要尽量对齐,配置方法可以根据4G网络的特殊子帧配置,来灵活选择5G网络的特殊时隙配置,或者将4G与5G同时考虑选择出一组能够保证特殊子帧/时隙对齐的配置方案。在常规CP情况下,以当前4G

与4G网络正在使用的D频段重叠,存在频率相同与相邻的情况。对于TDD制式的4G与5G系统而言,由于对时钟同步的要求较高,不仅需要考虑到在频带内共存时的上下行转换点对齐,以避免一个网络的下行时隙落入到另一个网络的上行时隙引起干扰,也需要考虑到在邻近频带共存时的上下行转换点对齐,以避免邻频信号泄露引起上下行时隙之间的干扰。

由于网络中不同小区的业务特征不完全相同,因此不同小区的帧结构参数配置也可能不完全一致,给日常网络的建设维护与优化调整埋下了隐患,很有可能出现因为配置不当而引起4G与5G小区之间的上下行干扰问题。为了尽量规避这些问题的发生,需要将4G与5G小区的帧结构相关参数进行统筹考虑和协同配置,使两个网络的上下行时隙转换点对齐。主要的帧结构参数包括上下行配比、特殊子帧/时隙配比、帧偏置。由于4G网络的标准冻结与建设时间都在5G网络之前,因此在配置5G帧结构参数时,需要考虑后向兼容并支持4G网络中的上下行配比与特殊子帧配置。

5G新空口的帧结构分为单周期和双周期两种类型,常见的帧结构类型配置有以下几种(D代表下行时隙,S代表特殊时隙,U代表上行时隙):5 ms单周期(DDDDDDDSUU)、2.5 ms双周期(DDDSU DDSUU)、2.5 ms单周期(DDDSUDDDSU)、2 ms单周期(DDSUDDSU)。

以当前4G小区主流的上下行配比为SA2(DSUDD)为例,为了与4G网络的上下行转换点保持一致,5G网络帧结构可以配置为5 ms单周期,参数 $\mu=1$,同时还需要在5G网络侧相对于4G网络增加3 ms的帧偏置值(以4G帧偏置为0为例,其它配置顺延),才能确保4G与5G网络的上下行转换点完全对齐,如图1所示。

网络常见的几种特殊子帧配置为例说明如下:

如果4G特殊子帧配置为10:2:2,则5G特殊时隙配置为6:4:4,才能够确保上下行转换点完全对齐,如图2所示。

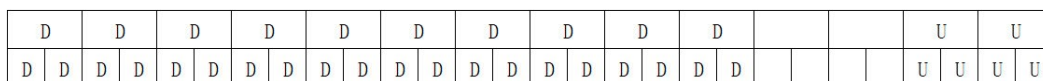


图2 4G(第一行)与5G(第二行)特殊子帧/时隙对齐示意图^[4]

同理,如果4G特殊子帧配置为9:3:2,则5G特殊时隙配置为4:6:4;如果4G特殊子帧配置为3:9:2,则5G特殊时隙配置为6:18:4。这样才能够确保上下行转换点对齐,避免网络之间出现上下行交叉干扰问题。

2.2 SUL场景的PCI协同优化

一般情况下,基站的最大发射功率远大于终端的最大发射功率,因此下行覆盖范围一般大于上行覆盖范围,另外加上大规模天线波束赋形等关键技术的应用,使得上下行覆盖范围的不平衡问题进一步加大。由于5G网络使用的频谱较高,无线信号的覆盖能力相对较差,导致5G网络的上行覆盖短板更加地突出。因此,可以通过应用上下行链路解耦技术中的补充上行链路技术(SUL),实现高频与低频的协同传输以充分发挥各自的优势,特别是充分利用低频段的良好无线传播特性来解决5G上行覆盖受限的问题,达到增强上行覆盖效果。以3.5 GHz(5G网络)与1.8 GHz(4G网络)共站部署为例,5G网络的下行数据和靠近基站覆盖区域的上行数据传输使用3.5 GHz频段(称为C-Band小区),而距离基站较远的覆盖区域的上行数据传输使用1.8 GHz频段(称为SUL小区),以增强5G上行链路覆盖。SUL小区与C-Band小区覆盖区如图3所示。

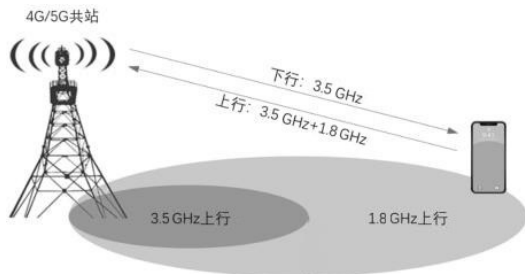


图3 SUL小区与C-Band小区覆盖区示意图^[5]

在SUL小区与4G小区共享频谱的情况下,由于4G上行参考信号的ZC序列组与PCI MOD 30有关,因此,需要尽量保证SUL小区与邻近4G小区之间的PCI MOD 30不相同,从而确保这些小区的上行信号能够被正确解调。另外,受制于SUL特性的约束,SUL小区与C-Band小区需要配置相同的PCI,因此,在对5G小区的PCI进行规划优化时,需要尽量保证5G小区与邻近4G小区的PCI MOD 30不相同,避免出现4G与5G网络之间的干扰问题。

2.3 应用动态频谱共享技术

动态频谱共享是指在同一频段内为不同的网络制式之间动态灵活地提供相同的时频资源。当前4G与5G在2.6 GHz频谱上有40 MHz(2575 MHz~2615 MHz)的频率重复使用,可能会造成网络之间的同频干扰问题。考虑到4G和5G网络长期

共存协同发展的趋势和平滑演进,可以应用动态频谱共享技术,使得网络能够灵活适应小区的不同业务对带宽的需求,实现网络资源按需分配,同时兼顾5G极致业务应用与4G热点容量,对于提高频谱资源的调度灵活性与利用率,节省5G网络建设成本,加快5G网络建设速度,保障用户体验都具有重要意义^[6]。

实现动态频谱共享技术的基本思想是以5G的灵活设计去适应4G的固定分配。由于4G所有的时频资源都是固定分配的,并且所有的参考信号在连续的时频资源中分配在特定的位置。而5G物理层的设计灵活可扩展,能够根据不同的频段为数据信道与同步信道配置不同的子载波间隔,另外,5G的数据信道、控制信道以及参考信号都具有极高的灵活性,可以进行动态配置。因此,动态频谱共享技术可以利用5G物理层的动态灵活性,调度5G用户灵活地去适应静态4G用户,可以有效地规避两张网络之间的用户干扰。目前有三种技术方案可以实现动态频谱共享技术,分别是基于MBSFN、基于5G的mini-slot、基于速率匹配^[7]。

3 结束语

在4G/5G共建共享的背景下,文章针对两张网络协同建设带来的干扰问题进行了研究,分析了4G/5G协同组网存在的干扰问题,以及引起这些干扰问题的主要因素,并提出了针对性的协同优化策略,这对于降低网络的干扰率、提高网络服务质量、改善用户体验有着积极意义。随着5G网络技术的不断发展、网络建设与维护的不断推进,4G/5G干扰问题与协同优化策略也将出现新的变化,因此,伴随5G网络发展的4G/5G干扰协同优化策略也将是一个不断迭代、不断完善和深化的过程。

【参考文献】

- [1]中国信息通信研究院,搜狐科技.2021中国5G年度报告[EB/OL].https://www.sohu.com/a/466870858_115565,2021-05-17.
- [2]万菁晶,赵杰卫,刁枫,刘航.4/5G网络协同优化的主要问题及应对策略[J].电子工程学院学报,2020(1):134-135.
- [3]徐山.4G/5G协同组网规划与优化探究[J].中国新通信,2021(11):125-126.
- [4]高升.基于干扰特征的5G干扰排查方法初探[J].江苏通信,2020(2):11-15.
- [5]王浩年,刘冰婷,王家旭.4G、5G网络协同规划与网络建设分析[J].通讯世界,2021(1):12-13.
- [6]孟繁丽,程日涛,尧文彬,杨丽,王申.5G+4G无线网络协同及组网关键技术探讨[J].电信工程技术与标准化,2020(6):13-18.
- [7]张海平,王强,樊国庆.4G/5G无线网络协同组网应用研究[J].信息技术与信息化,2020(10):171-174.