

超密集组网中的干扰管理技术研究

Research on Interference Management Technology in Ultra-dense Network

张 勃,盛 煜,冯 毅(中国联通网络技术研究院,北京 100048)

Zhang Qing, Sheng Yu, Feng Yi(China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China)

摘 要:

蓬勃发展的移动互联网业务对移动网络承载能力提出更高的要求,超密集组网作为5G时代的重要组网方案也因此被提前应用于4G网络之中,而密集微小区间的同频干扰抑制成为影响超密集组网性能的关键因素。在分析了超密集组网场景同频干扰的特点后,针对性地提出了基于时域的小区间干扰协调技术和基于频域的小区间干扰协调技术2种同频干扰解决技术和不同架构下的方案,最后分别给出了2种技术的应用方案和典型的站间干扰协调流程。

关键词:

超密集组网;微基站;同频干扰;干扰协调;分布式架构

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.09.014

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2019)09-0067-04

Abstract:

The vigorous development of mobile Internet services puts forward higher requirements on the carrying capacity of mobile networks. As an important networking scheme in 5G era, ultra-dense networking has been applied to 4G network in advance. However, the suppression of co-frequency interference becomes a key factor affecting the ultra-dense network performance. Firstly, the characteristics of co-frequency interference in ultra-dense network scenarios are analyzed. Secondly, two co-frequency interference technologies and different architecture solutions are proposed based on time domain inter-cell interference coordination technology and frequency domain inter-cell interference coordination technology. Finally, the application schemes of two technologies and the typical inter-site interference coordination process are given.

Keywords:

Ultra-dense network; Small cell; Co-frequency interference; Interference coordination; Distributed architecture

引用格式:张勃,盛煜,冯毅. 超密集组网中的干扰管理技术研究[J]. 邮电设计技术,2019(9):67-70.

0 引言

得益于智能终端行业的蓬勃发展,近年来移动互联网业务不断爆发新的业务热点,视频点播由高清、720 P、1 080 P发展至2K,同时视频直播、社交类短视频也吸引了越来越多的手机用户,而具有高画质要求的角色扮演类手游和低时延要求的即时对战类手游也成为移动互联网业务的重要拉动源。伴随业务发展的是用户对移动网络速率和时延变得更为敏感,对

移动网络的承载能力提出更高的要求。超密集组网通过密集的微小区部署大幅提升了单位地理面积上的频谱利用率,进而利用有限的时频资源形成极高的系统容量,直接提升网络性能,因此成为5G网络的重要组网方案^[1-3]之一,也在4G时代被用于解决局部高热场景的容量不足问题。然而,为了最大限度地发挥网络容量潜能,超密集组网场景下,通常不具备条件使得相邻微基站间可以通过异频部署方式协调站间干扰,微基站之间通常采用同频组网方式。一方面,由于微基站的覆盖范围较宏基站明显缩减,时变的环境因素对微基站覆盖范围的影响成为需要考虑的因

收稿日期:2019-07-16

素;另一方面,超密集组网场景下,微基站的覆盖范围难以借助地理环境和传统网络优化手段形成有效的规则控制,因此,密集分布的微基站间的同频干扰成为影响网络性能的一个关键因素。本文在分析了超密集组网场景中同频干扰的特点后,提出了基于时域的和基于频域的2种小区间干扰协调技术,并以分布式架构为例分析和给出了2种技术的具体应用方案。

1 超密集组网场景中的同频干扰特点

密集组网场景下的微基站间同频干扰,与宏微异构组网场景下宏微间同频干扰^[4-6]和宏基站间的同频干扰^[7-8]特点均有明显差异。

宏微异构同频组网场景中,微基站或与宏基站的覆盖范围交叠,或被宏基站的覆盖范围所包含,如图1所示。就微基站服务的用户而言,其主要干扰源即为该宏基站,处于宏微基站覆盖交叠区域的微基站用户都受到该宏基站的影响。就宏基站服务的用户而言,仅处于宏微覆盖交叠区域周围的宏基站用户受到微基站的干扰。此外,排除部分潮汐效应明显的场景,宏基站对微基站的干扰程度相对稳定可预估。

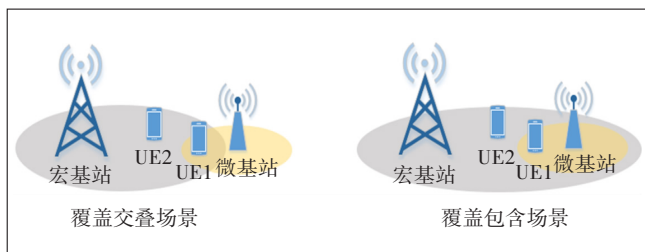


图1 宏微异构同频组网场景网络拓扑

宏基站间的同频干扰场景中,宏基站覆盖边缘的用户受到其他宏基站的干扰,干扰源可能为临近的1个或多个宏基站。而与宏微异构组网场景类似的是,宏基站间的干扰程度也相对稳定。更为重要的是,通常通过调整天线方向角和下倾角等传统网优手段即可有效改善宏基站间的同频干扰。

密集组网下微基站间同频干扰场景中,根据3GPP对室外密集部署场景——50 m半径局部圆形区域部署10个微基站下调度情况的研究结果,如图2所示,当高负荷场景时,每个传输时间间隔内也只有大约一半的小区在调度用户。同时,只有约30%用户的主干扰源信号强度高于其他干扰源信号强度3 dB以上,即大部分用户不存在唯一的主干扰源,而是同时受到多个相邻微基站的干扰。此外,由于微基站的发射功率

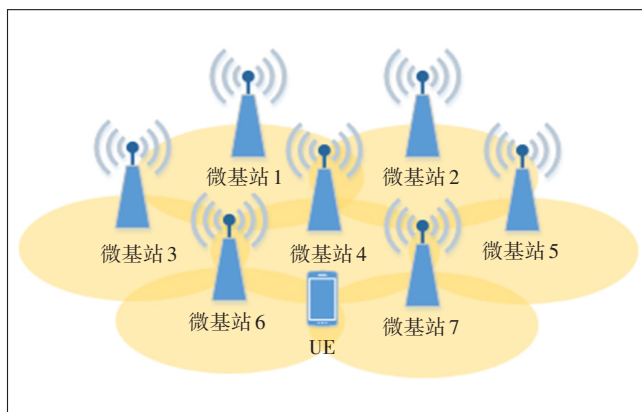


图2 密集组网场景网络拓扑

随着是否调度用户而发生改变,因此用户的主干扰源也可能是时变的。因此,密集组网场景下的干扰管理,需要充分的动态化,只有随着时变的主干扰源,甚至是时变的干扰源组和干扰信号强度而进行灵活、及时的策略调整,才能充分获得干扰抑制增益。

2 小区间干扰协调技术

密集组网场景中的干扰管理,主要分为基于时域的小区间干扰协调技术和基于频域的小区间干扰协调技术2类。

2.1 基于时域的小区间干扰协调技术

基于时域的小区间干扰协调技术,类似于eICIC^[9-12]和FeICIC^[13-16]技术,其核心思想是识别作为用户主干扰源的微基站,并申请对该微基站的部分子帧配置为几乎空白子帧(ABS),从而在这些子帧上不发射或降低功率发射业务数据,进而服务该用户的微基站在这些ABS帧的位置上调度该用户。

密集组网场景与宏微同频组网场景相比,干扰协调技术的应用上又有所不同。在宏微同频组网场景中,ABS帧数量和位置的选择通常由宏基站在收集微基站的信息后计算得到,且在计算模型中,干扰方向单一,一般仅考虑宏基站对微基站用户的干扰。在密集组网场景中,作为某个用户的主干扰源的微基站,其本身很可能也正在为一些用户提供服务,而由其提供服务的这些用户,又可能分别受到其他不同的相邻微基站的干扰,干扰图谱演变为多个微基站间的网状结构,需要综合多个微基站的情况协同考虑ABS帧数量和位置的配置,如仍按照传统方式计算变得十分困难。

为了解决密集组网场景中复杂的网状干扰协调

问题,可采用以下2种不同的方案。

a) 集中式架构方案,设置一个独立的网元,该网元与一个区域内的所有微基站都存在连接,所有微基站都将自身的干扰协调需求和测量数据发送给该网元,而由该网元完成资源协同调度的计算工作,再将配置方案下发给相应的微基站,该方案可以实现充分的动态调整,但由于需要增加网元而可能引起网络部署成本的提升。

b) 分布式架构方案,为区域内的微基站分别预设多个ABS帧配置模板,根据干扰情况的变化或用户业务的优先级等方式选择使用不同的模板,该方案计算简单,但仅能实现有限程度的动态调整。

2.2 基于频域的小区间干扰协调技术

基于频域的小区间干扰协调技术,主要针对微基站可以聚合多个载波为用户服务的场景,其核心思想是,基于保障为系统中的每个用户都提供指定速率以上的体验,一旦发现用户速率低于该目标,则通过在多个微基站间协调使用不同的子载波为用户服务。

与基于时域的小区间干扰协调技术需要在众多子帧中选配ABS子帧不同,由于系统可使用的频率资源有限,基于频域的小区间干扰协调只需要在几个载

波中选择开启或关闭部分子载波,复杂度有所降低,但依然需要借助集中式架构和分布式架构2种方案解决微基站之间动态变化的互相干扰问题。类似的,集中式架构更有机会获得全局的最优解,而分布式架构可能不会对所有潜在方案进行一一分析,但可以更快速、以更低的复杂度获得一个有限解。

3 小区间干扰协调技术的应用

基于时域的小区间干扰协调技术是以主干扰源基站在部分子帧上静默为代价,即系统需要损失部分容量能力,因此该技术的应用还需要考虑如何设置合适的启动门限以获得最大收益。主要应考虑2个方面因素,一方面是信干比情况,只有当用户的信干比足够低时,容量能力的损失才能换取足够的用户体验提升;另一方面是主干扰源的干扰程度,只有当主干扰源的信号强度足够突出,即主干扰源的干扰信号强度超过其他干扰信号强度足够多,对主干扰源基站的子帧做部分静默处理才可能解决用户的干扰问题。以分布式架构为例,基于时域的小区间干扰协调技术的执行流程如图3所示。

基于时域的小区间干扰协调流程为:

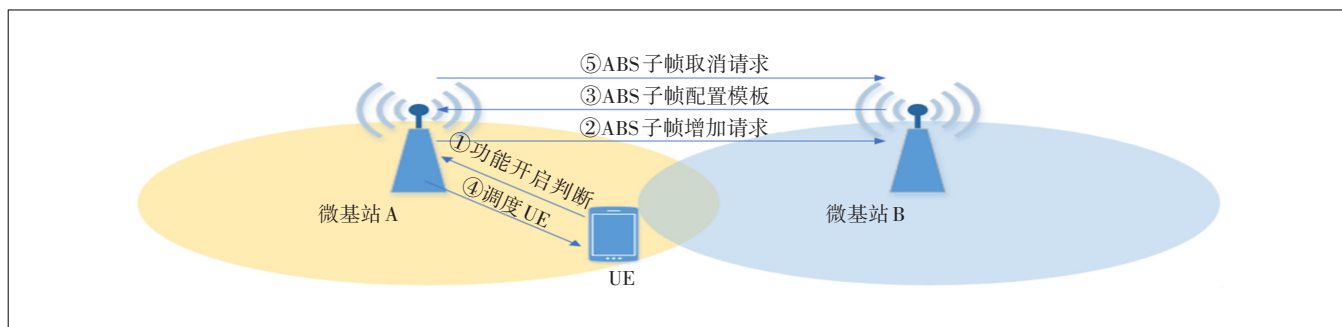


图3 分布式架构基于时域的小区间干扰协调流程

a) UE1由微基站A提供服务,微基站A根据UE1的测量报告判断基站B是UE1的主干扰源,并满足功能开启的条件。

b) 微基站A向微基站B发起ABS子帧增加请求。

c) 微基站B根据微基站A的请求配置ABS子帧,并将使用的模板发送给微基站A。

d) 微基站A在微基站B新增的ABS子帧位置调度UE1。

e) 当UE1结束业务后,微基站A向微基站B发起ABS子帧取消请求,微基站B恢复原来的资源调度配置。

基于频域的小区间干扰协调技术与基于时域的小区干扰协调技术不同的是,当触发功能开启的UE终止业务或离开为其服务的微基站后,并不直接触发所有微基站配置的恢复,而是需要判断微基站配置的恢复是否会改善目前各微基站服务的用户体验,以及配置的恢复是否可能导致系统中部分用户的干扰增加而使业务体验下降,只有当微基站配置的恢复能够为系统性能带来正增益时,才会恢复全部或部分的微基站配置。以分布式架构为例,基于频域的小区间干扰协调技术的执行流程如图4所示。

基于频域的小区间干扰协调流程为:

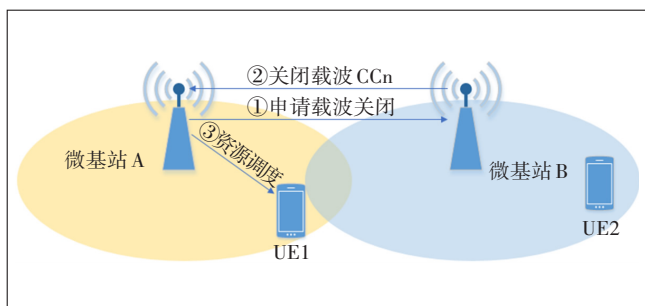


图4 分布式架构基于频域的小区间干扰协调流程

a) UE1由微基站A提供服务,微基站A检测发现UE1无法到达系统应为其提供的最低保障速率,微基站A通过UE1反馈的网络信息确定目前UE1的主干干扰源为微基站B,同时微基站A经过计算确定若微基站B关闭1个载波即可使UE1达到最低保障速率,因此微基站A向微基站B申请关闭1个载波。

b) 微基站B经过计算关闭一个载波不会使微基站B服务的UE2无法达到最低保障速率,确定接收请求关闭载波CCn。

c) 微基站A尽量使用CCn调度UE1。

上述流程中,由于微基站B关闭载波CCn后,也会减少UE2的可用资源,从而降低UE2的体验,因此微基站B在同意微基站A的请求前需要计算关闭1个载波是否会使UE2无法达到最低保障速率,如果将使UE2的体验无法满足,则微基站B将拒绝微基站A的请求。此外,上述干扰协调流程,还可能存在另外一种情况,即微基站A只使用了部分可用载波,仍有部分载波空闲未使用,此时当微基站A检测发现满足功能启用条件时,微基站A需要计算是选择继续开启空闲可用载波增大整体可调度的资源,还是申请其他微基站关闭一个载波降低对用户的干扰,同样的,选择前者还需要考虑是否会增大对其他微基站服务用户的干扰。

4 结束语

本文从超密集组网场景中小区间同频干扰成为影响网络性能的关键问题出发,讨论了超密集组网场景与一般的宏微异构组网场景和宏站组网场景同频干扰特点的异同,提出了基于时域的小区间干扰协调技术和基于频域的小区间干扰协调技术2种适用于超密集组网场景的同频干扰解决技术,并分别对比分析了2种技术在集中式和分布式架构中的技术方案,之后分别给出了2种技术的应用方案和典型的站间干扰

协调流程。

参考文献:

- [1] 李新. 基于5G超密集组网的规划与设计[J]. 电子测试, 2018(4).
- [2] 魏英俊. 基于5G超密集组网的站点规划方案探讨[J]. 信息通信, 2017(4): 252-253.
- [3] 张建敏, 谢伟良, 杨峰义. 5G超密集组网网络架构及实现[J]. 电信科学, 2016, 32(6): 36-43.
- [4] 吕婷, 盛煜, 李福昌. LTE宏微协同组网中的干扰抑制技术研究[J]. 移动通信, 2015, 39(24): 5-9.
- [5] 王友祥, 韩潇, 李福昌. LIGHT-Net干扰抑制技术研究[J]. 邮电设计技术, 2015(9): 12-17.
- [6] 邱勇, 乌云霄, 张勃, 等. LTE宏微协同组网性能评估[J]. 移动通信, 2017, 41(3): 81-86.
- [7] 梁鹏. LTE系统同频干扰的消减方法及比较[J]. 电信科学, 2009(s2): 87-90.
- [8] 崔航, 王四海, 李新, 等. TD-LTE重叠覆盖及解决方案分析[J]. 移动通信, 2013(17): 32-32.
- [9] DEB S, MONOGIUDIS P, MIERNIK J, et al. Algorithms for Enhanced Inter-Cell Interference Coordination (eICIC) in LTE HetNets [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2014, 22(1): 137-150.
- [10] KAMEL M I, ELSAYED K M F. ABSF offsetting and optimal resource partitioning for eICIC in LTE-Advanced: Proposal and analysis using a Nash bargaining approach [C]// IEEE International Conference on Communications. IEEE, 2013: 6240-6244.
- [11] 巢雄. 解决多种干扰难题 eICIC助力LTE组网[J]. 通信世界, 2012(11): 29-29.
- [12] 李美艳. LTE-A系统中的eICIC技术[J]. 电子世界, 2014(2): 59-60.
- [13] UMAIR M Y, XIAO D, YANG D, et al. Identification of interferers in Het-Net in LTE-A systems based on FeICIC with cell range expansion [C]// Information and Communication Technology. IEEE, 2013: 198-201.
- [14] WANG X, MONDAL B, VISOTSKY E, et al. Coordinated scheduling and network architecture for LTE Macro and small cell deployments [C]// IEEE International Conference on Communications Workshops. IEEE, 2014: 604-609.
- [15] LIU Y, CHEN C S, CHI W S, et al. A Game Theoretic Distributed Algorithm for FeICIC Optimization in LTE-A HetNets [J]. Ieee-Acm Transactions on Networking, 2017(99): 1-14.
- [16] MERWADAY A, GÜVENÇ I. Optimisation of FeICIC for energy efficiency and spectrum efficiency in LTE-advanced HetNets [J]. Electronics Letters, 2016, 52(11): 982-984.

作者简介:

张勃, 工程师, 硕士, 主要从事移动通信新技术、新业务研究工作; 盛煜, 高级工程师, 博士, 主要从事移动通信新技术、新业务研究工作; 冯毅, 高级工程师, 硕士, 主要从事移动通信系统网络规划及新技术研究工作。