

900 MHz 网络动态频谱 共享性能分析

Performance Analysis of Dynamic Spectrum Sharing in 900 MHz Networks

任洪彬,关永法,孟凡一(中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007)

Ren Hongbin, Guan Yongfa, Meng Fanyi(China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

摘要:

动态频谱共享技术(DSS)作为一种创新的频谱管理方法,能够实现4G和5G网络之间的频谱共享,提高频谱利用率并降低网络维护成本。测试结果表明,连片DSS 10 MHz模式表现优于LTE 5 MHz+NR 5 MHz模式,DSS插花部署与LTE 5 MHz+NR 5 MHz模式相近,且LTE和NR的移动性均正常,在语音、视频和数据业务中表现良好。

关键词:

动态频谱共享;小区参考信号;帧结构

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.11.010

文章编号:1007-3043(2025)11-0052-04

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:

As an innovative spectrum management method, dynamic spectrum sharing technology (DSS) can realize spectrum sharing between 4G and 5G networks, improve spectrum utilization and reduce network maintenance costs. Test results show that the continuous DSS10 MHz mode performs better than the LTE 5 MHz+NR 5 MHz mode, the DSS flower arrangement deployment is similar to the LTE 5 MHz+NR 5 MHz mode, and the mobility of LTE and NR is normal. It performs well in voice, video and data services.

Keywords:

Dynamic spectrum sharing; CRS; Frame structure

引用格式:任洪彬,关永法,孟凡一. 900 MHz 网络动态频谱共享性能分析[J]. 邮电设计技术,2025(11):52-55.

1 概述

随着900 MHz网络建设的完善,如何兼顾4G网络需求和5G网络发展,网络演进中如何在升级NR900做优5G的同时保证4G感知逐渐成为热门课题。频谱动态共享(Dynamic Spectrum Sharing, DSS)^[1-6]是一种创新的无线通信频谱资源管理方法,它可以实现不同无线通信系统之间的频谱共享,提高频谱利用率,并改善了频谱碎片化的现象,提高了频谱的可持续利用

性。900 MHz网络使用DSS技术可以使4G、5G网络之间的频段资源得到充分的利用,有效基于现网实际用户情况动态分配频谱资源,提升4G/5G双模制式下频谱资源利用率,实现频谱资源管理的最佳化,DSS技术还有助于降低通信网络的故障率和维护成本。因此,在900 MHz网络的建设中,DSS技术具有一定的应用前景和推广价值。

2 动态频谱共享原理

5G NR物理层设计与4G LTE具有相似之处,在相同的子载波间隔和相似的时域结构下,4G和5G之间

收稿日期:2025-09-23

进行动态频谱共享是可行的^[7],这是4G和5G之间实现动态频谱共享的基础^[8-9]。动态频谱共享技术的基本思想是在LTE子帧中调度NR用户,同时确保用于同步和下行链路测量的参考信号不会发生冲突,不会对LTE用户产生任何影响。实现动态频谱共享技术的关键点为:确保5G NR的参考信号(SSB或DMRS)与LTE的参考信号(CRS)在时频资源分配上不会发生冲突;在两者不发生冲突的前提下,将5G NR信号插入LTE子帧^[10-11]。

如图1所示,LTE的所有信道的时频资源是固定分配的,LTE的参考信号在连续的时频资源中占用特定的位置。5G NR物理层设计灵活可扩展,NR参考信号、数据信道、控制信道都具有极高的灵活性,允许进行动态配置。利用NR物理层的动态灵活性去适配静态的LTE,可避免2种技术之间发生冲突。

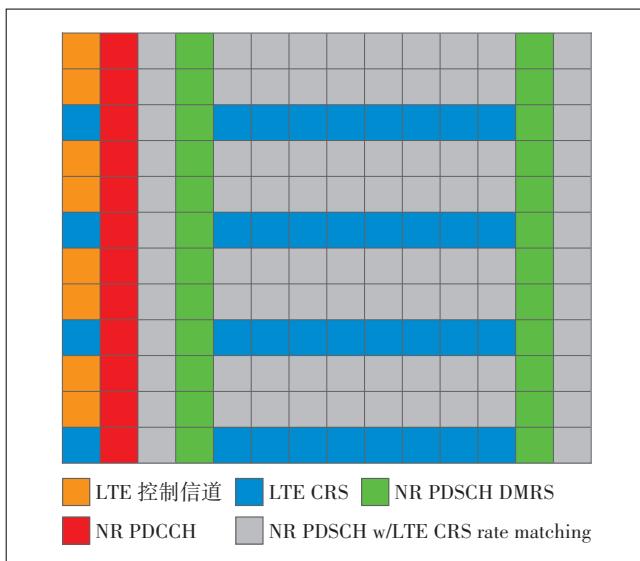


图1 动态频谱共享帧结构配置示意

a) DSS下行5G控制信道传输。在4G的子帧里,CRS是终端评估信道质量的参考信号,4G的控制信道会将其配置在前3个符号里,根据数据调度量去灵活决定使用几个符号,但总是从第1个符号开始使用。而5G的下行控制信道,也是默认在前3个符号使用,不要求从第1个符号开始使用。标准里规定5G的控制信道不能和4G的CRS资源冲突,4G大部分都是使用4个CRS Ports,CRS会分布到一个子帧的第1,2,5,8,9,11个符号里,通常5G使用第3个符号。

b) DSS下行5G数据信道传输。5G的下行数据传输也是占用多个符号,标准中允许5G的下行数据传输

信道(PDSCH)避开4G的CRS位置,CRS的具体位置会使用RRC去配置消息发给终端,可以避免5G数据传输与4G的CRS冲突。

c) 5G的SSB模块发送。5G的SSB占有连续4个符号,始终无法完全避开4G的CRS,标准里提出可以利用一下4G里的MBSFN子帧,MBSFN子帧除了前面的控制信道的几个符号,后面的符号是没有CRS的,避免了5G的SSB传输与CRS冲突。

d) 5G的广播信道发送。5G的广播信道也可以在MBSFN子帧里发送,MBSFN子帧除了前面的控制信道的几个符号,后面的符号是没有CRS的,避免了5G的广播信道发送与CRS冲突。

e) DSS上行5G控制信道传输。5G的上行控制信道使用的资源可以灵活配置,由于上行没有下行CRS避让的问题,可以完全避开4G的上行控制信道。

f) DSS上行5G数据信道传输。上行的5G数据信道,通过合理调度去避开4G的控制信道和数据信道,保证4G和5G在上行资源的使用不产生任何冲突。

3 900 MHz网络动态频谱共享测试分析

3.1 测试环境

测试区域位于A县城,共10个站点组成测试环境,在测试区域内测试了3种900 MHz组网环境:LTE 10 MHz带宽、LTE 5 MHz+NR 5 MHz、DSS 10 MHz(LTE和NR同时开通10 MHz带宽共享频谱),对语音、视频及数据业务的组网DT性能、定点性能和DSS插花组网的移动性等各项业务进行了验证和对比测试^[12-14]。

3.2 业务感知测试

对测试区域分别按照LTE 10 MHz组网、LTE 5 MHz+NR 5 MHz组网、DSS 10 MHz组网3种环境,进行道路遍历测试。3种组网配置下的上下行数据业务速率统计如表1所示。

通过以上3种不同组网配置的速率对比可以看出:在站间距为500~800 m的DT场景中,DSS 10 MHz性能表现良好,性能高于LTE 5 MHz+NR 5 MHz模式。

3.3 DSS插花部署测试

选取2个站点开通DSS配置,区域内其他站点开通LTE 5 MHz+NR 5 MHz和LTE 10 MHz 2种组网环境,验证DSS与LTE 5 MHz+NR 5 MHz业务测试对比,并验证DSS与LTE 5 MHz+NR 5 MHz、LTE 10 MHz 2种组网环境下移动性切换对比。

a) 插花部署业务测试。在DSS与LTE 5 MHz+NR

表 1 不同组网条件下的测试数据

| 测试环境 | 平均 RSRP/dBm | 平均 SINR/dB | 下行平均速率/(Mbit/s) | 上行平均速率/(Mbit/s) |
|------------------------|-------------|------------|-----------------|-----------------|
| LTE 10 MHz | -82.13 | 17.10 | 26.09 | 17.97 |
| DSS 10 MHz-LTE | -83.59 | 12.92 | 23.73 | 17.75 |
| DSS 10 MHz-NR | -80.38 | 8.40 | 21.96 | 23.70 |
| LTE 5 MHz+NR 5 MHz-LTE | -78.73 | 17.47 | 13.81 | 9.29 |
| LTE 5 MHz+NR 5 MHz-NR | -77.13 | 8.38 | 18.85 | 13.97 |

5 MHz 插花组网情况下,DSS-LTE 的下行平均速率为 15.21 Mbit/s, 上行平均速率为 10.74 Mbit/s; DSS-NR 的下行平均速率为 19.35 Mbit/s, 上行平均速率为 15.71 Mbit/s; 从测试结果可知, DSS LTE 上下行速率略优于 LTE 5 MHz 上下行速率, DSS NR 上下行速率略优于 NR 5 MHz 上下行速率, 并未见明显降低。

b) 插花部署移动性测试。DSS 与 LTE 10 MHz 插花场景, 以及 DSS 与 LTE 5 MHz+NR 5 MHz 的插花场景, LTE 和 NR 的移动性均正常。

3.4 定点测试

在近点、中点、远点 3 种典型覆盖点位, 分别测试上下行数据业务、语音业务、视频播放(3 min 1080P 视频播放)业务。结果如表 2 所示。

下行速率感知: 与 LTE 10 MHz 相比, DSS 10 MHz-LTE 平均速率低 10% 左右; 与 LTE 10 MHz 相比, DSS 10 MHz-NR 平均速率高 7% 左右; 与 LTE 5 MHz+NR 5 MHz-LTE 相比, DSS 10 MHz-LTE 的平均速率高 60% 左右; 与 LTE 5 MHz+NR 5 MHz-NR 相比, DSS 10

MHz-NR 的平均速率高 30% 左右。

上行速率感知: 与 LTE 10 MHz 相比, DSS 10 MHz-LTE 平均速率低 5% 左右; 与 LTE 10 MHz 相比, DSS 10 MHz-NR 平均速率高 60% 左右; 与 LTE 5 MHz+NR 5 MHz-LTE 相比, DSS 10 MHz-LTE 平均速率高 150% 左右; 与 LTE 5 MHz+NR 5 MHz-NR 相比, DSS 10 MHz-NR 平均速率高 160% 左右。

语音 MOS 感知均在 4.21~4.36, 视频缓冲延时均在 0.11~0.29 s, 感知良好(见图 2)。

从上下行速率的测试结果来看: DSS 10 MHz 组网的 NR 上下行速率均优于 LTE 10 MHz, DSS 10 MHz 组网的 LTE 略差于 LTE 10 MHz; DSS 10 MHz 组网的 NR 和 LTE 均好于 LTE 5 MHz+NR 5 MHz 组网的 NR 5 MHz 和 LTE 5 MHz。

从语音 MOS 和视频缓冲延时测试结果看: 主被叫语音 MOS 值在 4.0 以上, 1080P 视频 3 min 播放流畅、无卡顿和掉线, 初始缓冲时延基本在 0.3 s 以下, 用户感知良好。

表 2 不同组网定点测试数据

| 测试环境 | 测试点位 | RSRP/dBm | SINR/dB | 下行速率/(Mbit/s) | 上行速率/(Mbit/s) | 语音 MOS | 视频卡顿次数 | 视频缓冲时延/s |
|------------------------|------|----------|---------|---------------|---------------|--------|--------|----------|
| LTE 10 MHz | 近点 | -68.01 | 31.08 | 59.78 | 26.77 | 4.35 | 0 | 0.17 |
| | 中点 | -91.23 | 14.27 | 26.22 | 16.09 | 4.24 | 0 | 0.16 |
| | 远点 | -103.34 | 7.14 | 6.59 | 7.48 | 4.23 | 0 | 0.19 |
| DSS 10 MHz-LTE | 近点 | -73.88 | 26.81 | 51.38 | 23.73 | 4.34 | 0 | 0.15 |
| | 中点 | -93.96 | 24.49 | 24.70 | 15.03 | 4.31 | 0 | 0.15 |
| | 远点 | -105.51 | 7.23 | 6.40 | 7.65 | 4.36 | 0 | 0.18 |
| DSS 10 MHz-NR | 近点 | -69.58 | 39.71 | 62.61 | 38.17 | 4.27 | 0 | 0.11 |
| | 中点 | -90.08 | 6.99 | 24.73 | 20.94 | 4.35 | 0 | 0.17 |
| | 远点 | -102.18 | 7.01 | 8.06 | 16.28 | 4.36 | 0 | 0.24 |
| LTE 5 MHz+NR 5 MHz-LTE | 近点 | -71.47 | 27.47 | 28.25 | 11.20 | 4.26 | 0 | 0.14 |
| | 中点 | -89.03 | 18.90 | 13.31 | 9.40 | 4.35 | 0 | 0.20 |
| | 远点 | -101.04 | 13.44 | 6.30 | 2.05 | 4.21 | 0 | 0.29 |
| LTE 5 MHz+NR 5 MHz-NR | 近点 | -68.83 | 23.18 | 43.34 | 18.99 | 4.26 | 0 | 0.11 |
| | 中点 | -91.52 | 4.40 | 18.90 | 10.07 | 4.35 | 0 | 0.12 |
| | 远点 | -104.3 | 1.70 | 7.96 | 4.28 | 4.21 | 0 | 0.17 |

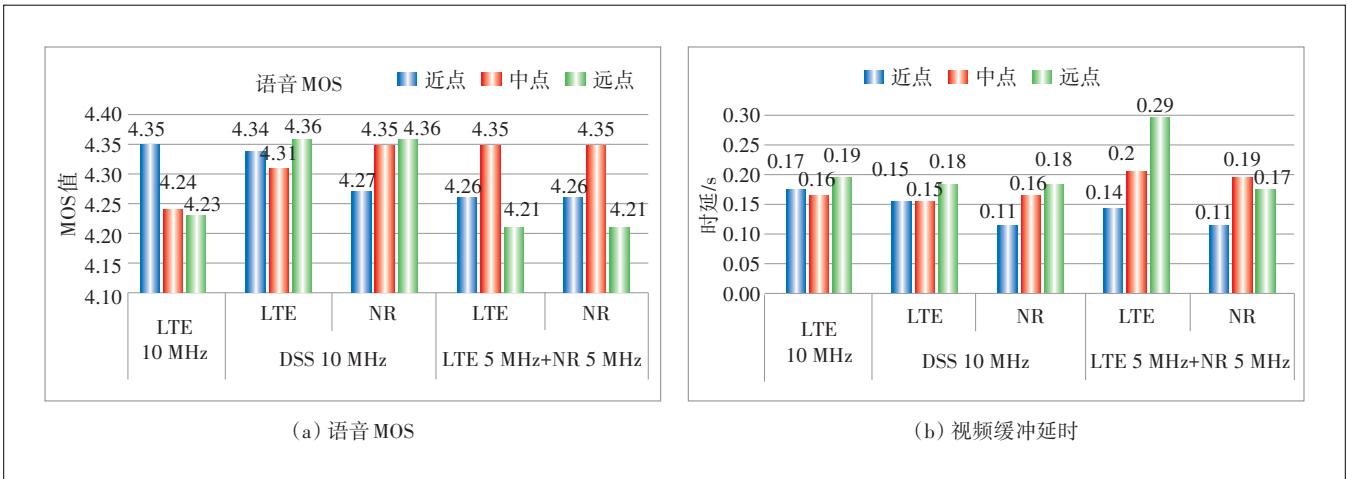


图2 定点测试语音MOS及视频缓冲时延

4 结束语

本次DSS外场测试,通过对比LTE 10 MHz组网、LTE 5 MHz+NR 5 MHz组网以及DSS 10 MHz组网3种环境下的各项业务性能,可以看到DSS 10 MHz组网方案的性能表现良好,上下行速率优于LTE 5 MHz+NR 5 MHz组网(DSS 10 MHz相对于LTE 5 MHz下行速率提升约80%,上行速率提升约90%;DSS 10 MHz相对于NR 5 MHz下行速率提升约15%,上行速率提升约60%);语音和视频业务正常,体验良好;LTE和NR间干扰在可接受范围内,DSS与LTE/NR站点的移动性切换正常。

对于城区场景,结合与中国电信4G一张网,基本形成4G中频打底连续覆盖,可考虑直接部署NR 10 MHz,不考虑LTE 5 MHz+NR 5 MHz或DSS 10 MHz。

对于乡农场景,根据测试结果,DSS与LTE 10 MHz/NR 10 MHz、LTE 5 MHz+NR 5 MHz干扰在可接受范围内、切换连续、用户感知良好。结合网络架构和业务流量负荷,局部4G中频连续覆盖区域,可以直接考虑开通NR 10在可接受范围内;4G覆盖为900 MHz托底区域,建议低负荷区域(PRБ利用率低于50%)可以考虑开通DSS,兼顾4G、5G覆盖;高负荷区域(PRБ利用率大于50%),建议结合新建3.5 GHz 8TR,保障4G、5G覆盖和用户感知。

参考文献:

- [1] SHARMA S K, BOGALE T E, LE L B, et al. Dynamic Spectrum Sharing in 5G Wireless Networks With Full-Duplex Technology: Recent Advances and Research Challenges [J]. IEEE Communications Sur-

veys & Tutorials, 2018, 20(1):674–707.

- [2] 王学灵. 频谱共享技术及其在5G网络中的应用建议[J]. 邮电设计技术, 2019(12):52–55.
- [3] 梁健生, 王月珍, 陈晓冬. LTE与NR动态频谱共享关键技术与性能[J]. 移动通信, 2022, 46(10):88–93.
- [4] 窦中兆, 冯穗力. 4G/5G上行动态频谱共享算法验证与测试[J]. 移动通信, 2022, 46(10):82–87.
- [5] 杨翠. 4G/5G频率共享DSS功能原理及应用研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2021, 34(4):5.
- [6] 钱会. 动态频谱共享DSS技术关键问题分析[J]. 数字通信世界, 2020(9):16–18.
- [7] 任洪彬, 吴晓乐. 基于微网格及业务密度基站建设合理性分析[J]. 邮电设计技术, 2013(12):43–45.
- [8] 周钰哲. 我国频谱共享的可行性研究与推进建议[J]. 电信科学, 2016, 32(5):146–151.
- [9] 周阁天, 胡春雷, 侯佳, 等. 20 MHz动态频谱共享的组网性能分析与验证[J]. 移动通信, 2021, 45(2):13–17, 32.
- [10] 周阁天, 许晓航, 谢伟良, 等. 动态频谱共享技术的方案与开销研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9):1–6, 13.
- [11] 张晓然, 胡南, 徐晓东. 4G/5G频谱动态共享关键技术[C]//5G网络创新研讨会(2019)论文集. 北京: TD产业联盟, 2019: 236–241.
- [12] 任洪彬, 高学科, 龙伟博. 900 MHz LTE FDD网络覆盖性能分析[J]. 邮电设计技术, 2017(8):65–68.
- [13] 陈大明, 但德东. 2.1G FDD NR网络性能及NR-LTE混合组网方案研究[J]. 电子世界, 2021(20):2.
- [14] 李世博, 田宇琪, 孙庆, 等. FDD LTE/NR动态频谱共享的性能分析[J]. 微处理机, 2024, 45(5):25–28.

作者简介:

任洪彬,高级工程师,硕士,主要从事移动通信工程规划、设计工作;关永法,工程师,学士,主要从事移动通信工程规划、设计工作;孟凡一,工程师,硕士,主要从事移动通信工程规划、设计工作。