

5G NSA 组网结构下用户体验

Research on User Experience Enhancement in
5G NSA Networking Architecture


提升研究

陈 锋,许绍松,陈 海,董帝焱(中国联通福建分公司,福建 福州 350000)
Chen Feng,Xu Shaosong,Chen Hai,Dong Dilang(China Unicom Fujian Branch,Fuzhou 350000,China)

摘 要:

针对现阶段5G NSA组网结构模式下,开展5G特性研究。在研究5G及其相关技术特点的基础上,结合实际测试与分析结果,通过对DC双连接、时隙配比以及Massive MIMO差异性3个方面进行测试对比,分析5G NSA组网性能,为提升NSA组网结构下的用户体验提供参考。

关键词:

DC双连接;时隙配比;大规模天线技术
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.04.007
文章编号:1007-3043(2020)04-0035-06
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:

According to the current 5G NSA networking structure mode, it carries out 5G characteristics research. Based on the study of the characteristics of 5G and its related technologies, combined with the actual test and analysis results, the performance of 5G NSA networking is analyzed by comparing DC dual connection, slot ratio and Massive MIMO difference, which can provide reference for improving user experience under NSA networking structure.

Keywords:

DC dual connection; Slot ratio; Massive MIMO

引用格式:陈锋,许绍松,陈海,等. 5G NSA组网结构下用户体验提升研究[J]. 邮电设计技术,2020(4):35-40.

1 概述

在现代生活的方方面面都与通信息息相关,通信在现代生活中的地位越来越重要。而5G通信作为新一代通信技术,对于现代社会发展与现代生活品质的提升有着开创性的意义。本文以研究5G及其5G相关技术特点为基础,结合实际测试与分析结果,通过理论与实际相结合,进一步挖掘5G的实际应用,使得5G技术能够更好地为客户服务,提升客户体验。

5G移动通信作为最新一代的移动通信技术,将提

供20倍于LTE的小区容量、10倍的用户体验、1/10的空口时延,同时满足超大带宽(eMBB),超高可靠性超低时延(uRLLC)和超大连接(mMTC)业务的需求。

当前5G R15版本主要满足超大带宽(eMBB)需求,而网络部署架构主要采用NSA组网模式,因此本研究将针对当前架构,通过梳理该版本下的5G特性,从无线覆盖特性、系统调度及组网特点各方面,研究提升用户体验的优化方案。

2 5G Massive MIMO 特性优化研究及应用

2.1 Massive MIMO 特性简述

Massive MIMO和波束赋形(BF)是5G的一项关键

收稿日期:2020-02-18

技术,5G将LTE时期的MIMO进行了扩展和延伸,LTE的MIMO最多8天线,到5G扩增至16/32/64/128天线,所以被称为“大规模”MIMO。Massive MIMO和波束赋形二者相辅相成,缺一不可。甚至可以说大规模MIMO就是大量天线的波束,如果把Massive MIMO比作外在肉体,那波束赋形就是内在灵魂。

Massive MIMO负责在发送端和接收端将越来越多的天线聚合起来;波束赋形负责将每个信号引导到终端接收器的最佳路径上,提高信号强度,避免信号干扰,从而改善通信质量。

总体来说Massive MIMO和波束赋形的优点如下。

- a) 更精确的3D波束赋形,提升终端接收信号强度。
- b) 同时同频服务更多用户(多用户空分),提高网络容量。
- c) 有效减少小区间的干扰。
- d) 更好地覆盖远端和近端的小区。

5G时代,Massive MIMO和波束赋形主要应用场景如下。

- a) 重点区域多用户场景:如演唱会、聚会、球场等。

- b) 高楼覆盖场景:三维波束赋形可有效提升水平和垂直覆盖的能力。

2.2 Massive MIMO特性参数验证

现网设备通过幅度、相位算法可调整Massive MIMO波束的覆盖宽度,依据覆盖情况选定不同水平、垂直波瓣宽度的MIMO设置。当前版本基站Massive MIMO波束有1个默认场景与16种其他非标准设置,分别提供15°、25°、45°、65°、105°、110°的水平半功率波瓣宽度和6°、12°、25°的垂直半功率波瓣宽度设置,并对应各种应用场景,具体情况如表1所示。

5G建网初期,根据实际建设需求,选择不同典型场景,挑选相应应用模式模拟测试验证,确认对比覆盖效果,为后期场景差异化覆盖积累相关数据。

场景一:小角度水平波瓣角设置信号能量更集中,有利于深度覆盖(见图1和表2)。

场景二:同垂直扫描范围场景下,大水平扫描范围场景设置在测试点有MIMO信号增益,有利于广域覆盖(见图2和表3)。

场景三:对于高楼场景设置更宽的垂直波瓣角能有效提升楼宇高层覆盖(见图3和表4)。

综上所述,小角度水平波瓣角Massive MIMO设置

表1 Massive MIMO网管场景设置及应用推荐

场景ID	水平3 dB波宽/°	垂直3 dB波宽/°	倾角/°	方位角/°	应用场景
0	105	6	-2~9	0	普通默认场景,典型3扇区组网
1	110	6	-2~9	0	非标准3扇区组网,适用于水平宽覆盖,水平覆盖比场景2大,比如广场场景和宽大建筑。近点覆盖比场景2略差
2	90	6	-2~9	-10~10	非标准3扇区组网,当邻区存在强干扰源时,可以收缩小区的水平覆盖范围,减少邻区干扰的影响。由于垂直覆盖角度较小,适用于低层覆盖
3	65	6	-2~9	-22~22	非标准3扇区组网,当邻区存在强干扰源时,可以收缩小区的水平覆盖范围,减少邻区干扰的影响。由于垂直覆盖角度较小,适用于低层覆盖
4	45	6	-2~9	-32~32	低层楼宇,热点覆盖
5	25	6	-2~9	-42~42	低层楼宇,热点覆盖
6	110	12	0~6	0	非标准3扇区组网,水平覆盖比较大,且带中层覆盖的场景
7	90	12	0~6	-10~10	非标准3扇区组网,当邻区存在强干扰源时,可以收缩小区的水平覆盖范围,减少邻区干扰的影响。由于垂直覆盖角度变大,适用于中层覆盖
8	65	12	0~6	-22~22	非标准3扇区组网,当邻区存在强干扰源时,可以收缩小区的水平覆盖范围,减少邻区干扰的影响。由于垂直覆盖角度变大,适用于中层覆盖
9	45	12	0~6	-32~32	中层楼宇,热点覆盖
10	25	12	0~6	-42~42	中层楼宇,热点覆盖
11	15	12	0~6	-47~47	中层楼宇,热点覆盖
12	110	25	6	0	非标准3扇区组网,水平覆盖比较大,且带高层覆盖的场景
13	65	25	6	-22~22	非标准3扇区组网,当邻区存在强干扰源时,可以收缩小区的水平覆盖范围,减少邻区干扰的影响。由于垂直覆盖角度更大,适用于高层覆盖
14	45	25	6	-32~32	高层楼宇,热点覆盖
15	25	25	6	-42~42	高层楼宇,热点覆盖
16	15	25	6	-47~47	高层楼宇,热点覆盖

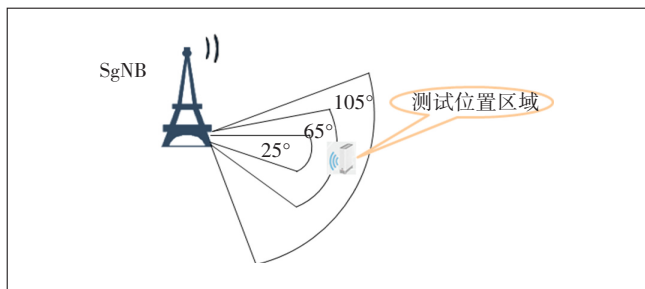


图1 Massive MIMO 水平波瓣角特性验证场景

表2 Massive MIMO 特性测试结果(一)

MIMO 设置/°	闽江公园金沙园/dBm	孟超肝胆医院/dBm
水平 25	-58.68	-61.09
水平 45	-59.04	-61.46
水平 65	-61.92	-62.41
水平 90	-62.6	-63.55
水平 105	-63.35	-64.71
水平 110	-63.36	-65.03

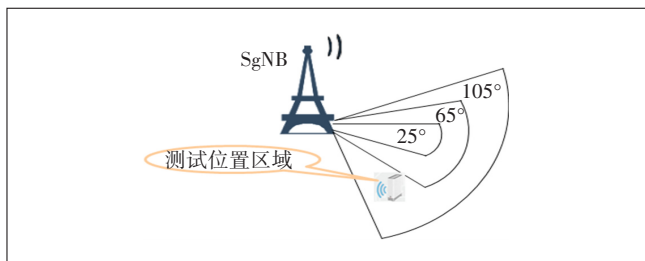


图2 Massive MIMO 水平波瓣角特性验证场景

表3 Massive MIMO 特性测试结果(二)

MIMO 设置	测试点 1(RSRP)/dBm	测试点 2(RSRP)/dBm
水平 65°垂直 6°	-92.94	-93.39
水平 105°垂直 6°	-99.94	-100.58
水平 110°垂直 6°	-92.45	-94.8
水平 110°垂直 25°	-93.81	-93.62
水平 65°垂直 25°	-98.3	-97.07

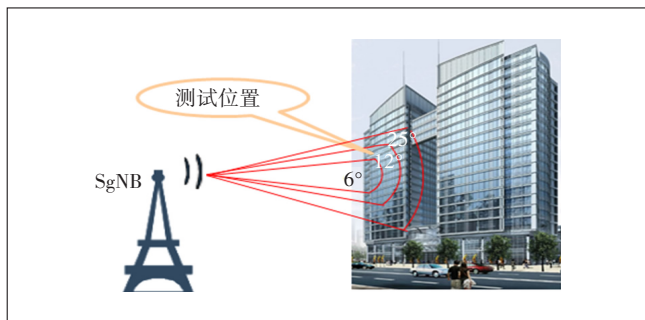


图3 Massive MIMO 实际特性验证场景

信号能量更集中,有利于深度覆盖,并且不同覆盖场

表4 Massive MIMO 特性测试结果(三)

MIMO 设置	10层/dBm		27层/dBm	
	LTE RSRP	NR RSRP	LTE RSRP	NR RSRP
水平 65°垂直 6°	-98.91	-100.83	-100.62	-93.63
水平 65°垂直 12°	-99.18	-91.85	-101.07	-93.42
水平 65°垂直 25°	-98.70	-87.82	-100.60	-90.84

景采用相应的 Massive MIMO 波束设置可以带来信号增益。广域覆盖建议用大水平扫描范围 Massive MIMO 波束设置,高楼场景建议设置更宽的 Massive MIMO 垂直波束设置。

3 5G 时隙配比优化研究及应用

3.1 5G 时隙配比简述

为了便于实现 LTE 与 5G 共同部署模式,5G 的帧结构与 LTE 类似,无线帧和子帧的长度固定,能够更好地保证 LTE 与 5G 共存,5G 帧结构如图 4 所示。相较于 LTE,5G 的时隙与字符长度可根据子载波之间的间隔灵活变化。

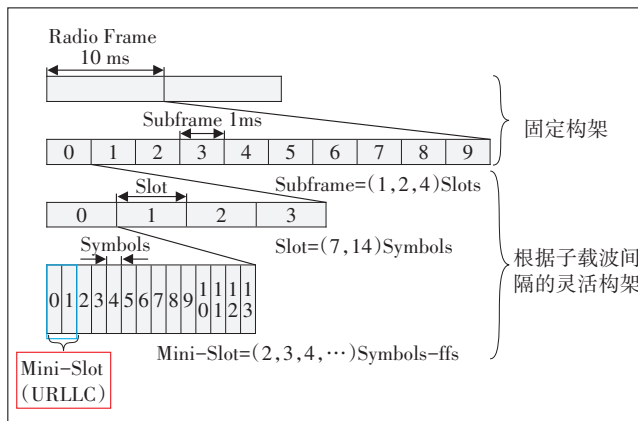


图4 5G 帧结构

在 LTE 中子载波长度被定义为 15 kHz,5G 中子载波长度也为 15 kHz,但是 5G 的子载波长度是灵活可被扩展的,比如在 5G 中子载波长度可以为 15、30、45、60、120 kHz 也可以是 7.5、3.75 kHz 等,相当于子载波长度可以为 $15 \text{ kHz} \times 2^m$, $m \in (-2, -1, \dots, 4, 5)$ 。具体如表 5 所示。

eMBB 场景,按照 30 kHz 子载波间隔,各厂家提出

表5 5G 子载波长度

$m =$	-2(ffs)	0	1	2	3(ffs)	...
子载波监控/kHz	3.75	15	30	60	120	...
符号长度/ μs	266.67	66.67	33.33	16.67	8.333	...
子帧长度/ms	4	1	0.5	0.25	0.0125	...

了不同的帧结构,系统可支持其中的1种或多种(静态配置)。目前设备仅支持4_1_DDDSU与8_2_DDDDDDDSUU 2种方式。

a) 4_1_DDDSU。每2.5 ms里面包含3个全下行时隙,1个全上行时隙和1个特殊时隙。特殊时隙配比为10:2:2(可调整)。pattern周期为2.5 ms,1个上行子帧,周期较短,有利于降低时延(见图5)。

b) 8_2_DDDDDDDSUU。每5 ms里面包含7个全下行时隙,2个全上行时隙和1个特殊时隙。特殊时隙配比为10:2:2(可调整)。pattern周期为5 ms,上下行转换周期长,利于下行吞吐量,但上下行转换间隔较长,对调度时延可能有一定影响(见图6)。

3.2 5G时隙配比调整验证

在5G现网进行时隙配比调整,定点测试对比小区

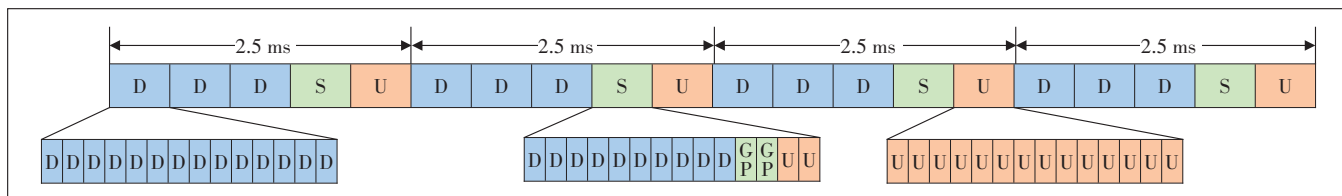


图5 时隙示意图(一)

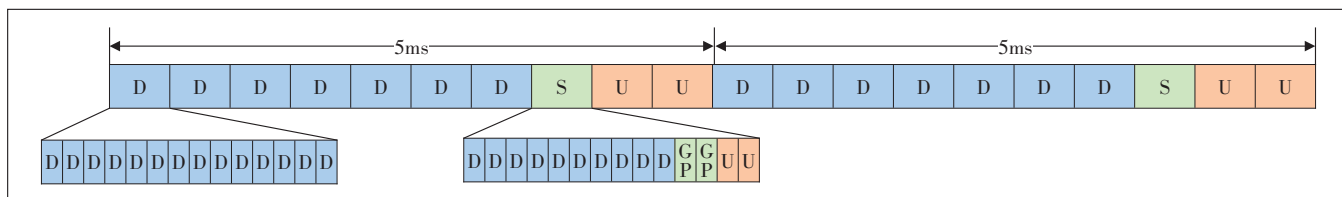


图6 时隙示意图(二)

不同时隙配比情况下的时延、速率变化情况。现网站点子载波间隔为30 kHz,依据宏站小区半径5 km以上GP符号,选择GP符号数量2、6进行测试对比,测试3个不同站点进行数据统计。

GP符号数量与小区半径如表6所示,不同时隙配比时延速率测试情况如图7和图8所示。

表6 GP符号数量与小区半径

GP符号	子载波带宽/kHz			
	15	30	60	120
GP1符号(km)	8.60	3.25	0.58	-0.01
GP2符号(km)	19.31	8.60	3.25	1.33
GP3符号(km)	30.01	13.95	5.93	2.66
GP4符号(km)	40.71	19.31	8.60	4.00
GP5符号(km)	51.42	24.66	11.28	5.34
GP6符号(km)	62.12	30.01	13.95	6.68

测试结果表明,上下行时隙配比4:1与8:2 2种模式对比,前者时延优于后者,小包,但下行速率略低(特殊子帧中GP符号数配置相同),符合理论预期。综合考量,建网初期为提升用户感觉建议采用4_1_DDDSU配置。

4 NSA结构下DC双连接研究及应用

4.1 DC双连接概述

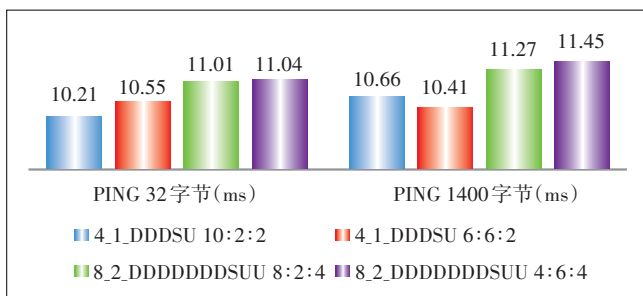


图7 不同时隙配按时延测试情况

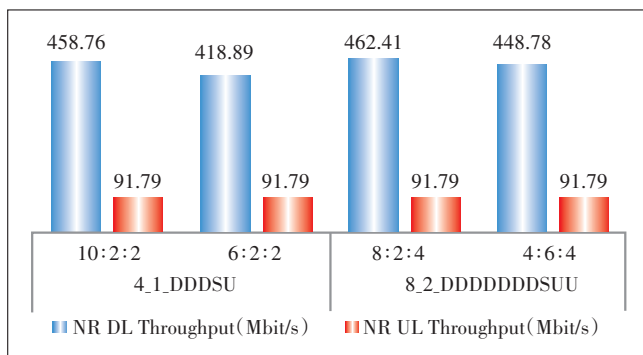


图8 不同时隙配比率率测试结果

DC双连接主要是为了使用户拥有更高速率,提高频谱利用率及负载均衡,通过微站与宏站现有的非理想回传(non-ideal backhaul)X2接口来实现载波聚合,使具有双连接功能的终端能够同时连接2个基站,提

高单用户的上下行吞吐率。同理,在5G系统建设中,5G站点作为独立宏站建设,也可把5G作为LTE双连接中微站或宏站角色对现有的LTE提供覆盖与容量负载分担,但是不管是作为独立宏站建设还是作为小站提供覆盖及容量负载分担,双连接技术都是实现LTE与5G连接的关键技术。3GPP Release-14^[3]在实现LTE网络双连接技术的理论上,定义了LTE和5G的双连接模式。利用双连接技术可以实现5G网络建设前期利用LTE核心网的快速部署,同时实现在5G建设后期通过双网(5G与LTE)联合组网方式降低

因为异系统切换产生的时延,并且双网联合组网也可以提高系统的无线资源利用率,使资源利用最大化。

在5G基础建设前期能够凭借LTE核心网实现快速部署,但是在5G核心网建成以后5G系统就能够实现独立组网,5G形成独立组网之后虽然可以提供更高的数据速率与更好的业务质量,但是5G还会有覆盖不足的地方,这些覆盖不足的地方就需要利用现有LTE网络进行弥补以提供更好的覆盖,3GPP Release-14^[2]定义了多种可能的LTE/5G双连接模式(见图9)。

其中基于现网EPC改造的Option3x模式对存量站

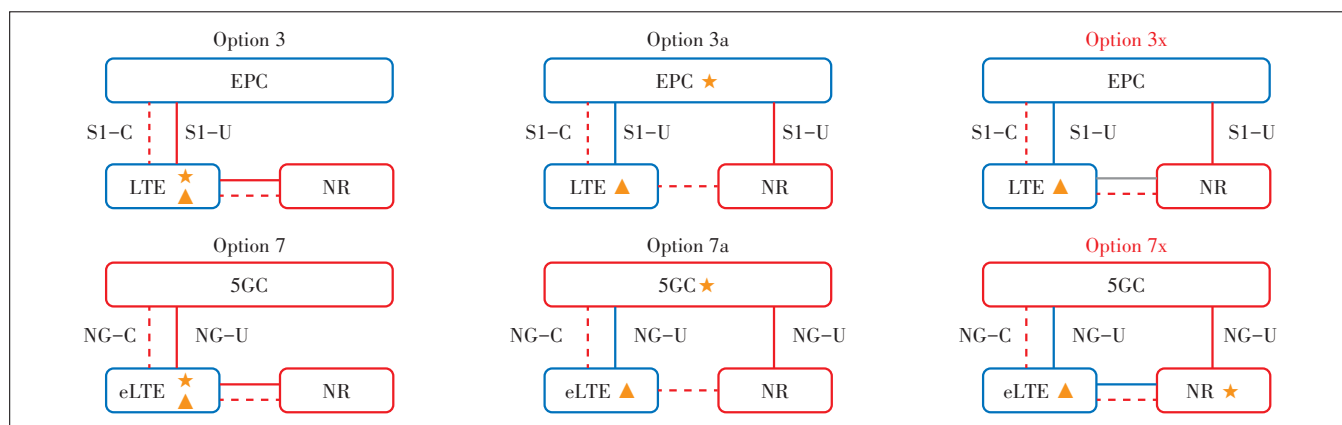


图9 NSA组网方案

点影响小,又支持灵活的分流方式,是当前网络首选。

Option3x结构由主基站LTE eNB根据无线算法决定承载建立为MCG Bearer、SCG Bearer或Split Bearer(见表7)。分流由gNB根据无线算法动态控制,核心网侧不感知。

在控制面,Option3x组网时UE只有一个基于MN的RRC状态(并不是LTE和NR各一个),同时只有一条到核心网的控制面连接。MN和SN都有自己的RRC实体,可以生成要发送给UE的RRC PDU。

在用户面,每一种承载(MCG bearer、SCG bearer、split bearer)的PDCP可以位于MN,也可以位于SN。

表7 Option结构

	Option3	Option3a	Option3x
信令分流	LTE	LTE	LTE
数据分流	eNB→gNB	EPC→eNB、EPC→gNB	gNB→eNB
承载类型	MCG bearer、Split bearer、SCG bearer	MCG bearer、SCG bearer	MCG bearer、SCG bearer、Split bearer
X2接口	数据、信令	信令	数据、信令

网络可以为MCG承载配置E-UTRA PDCP或者NR的PDCP;SCG承载和Split承载只能使用NR PDCP。MN和SN通过X2接口连通,MCG bearer由MN发送数据给UE,SCG bearer由SN发送数据给UE;Split bearer指的是将LTE中UE与eNodeB之间的Radio Bearer“Split”。在Split bearer中,NR PDCP用于LTE和NR,且数据流的“Split”是由PDCP完成的。

MN: Master node,在MR-DC中,控制面与核心网相连的节点,比如:EN-DC中的eNB,NGEN-DC中的ng-eNB,NE-DC中的gNB。

MCG: Master Cell Group,在MR-DC中,跟MN相关联的一组服务小区,由SpCell(Pcell)和可能存在的一个或多个Scell组成。

SN: Secondary node,在MR-DC中,没有控制面与核心网相连的节点,但可以给UE提供额外的辅助无线资源的无线接入节点。比如:EN-DC中的en-gNB,NE-DC中的ng-eNB,NGEN-DC中的gNB。

SCG: Secondary Cell Group,在MR-DC中,跟SN相关联的一组服务小区,由SpCell(PScell)和可能存在的一个或多个Scell组成。

MCG bearer:主站分流模式。

SCG bearer:辅站(NR)分流模式。

Split bearer:动态分流模式。

4.2 DC双连接设置与验证

现网当前采用主流配置,用户默认承载在NR侧(LTE锚点侧设置NSA DC默认承载模式为SCG_SPLIT_BEARER),gNB根据数据分流模式设置决定用户数据走向(当设置SCG bearer时数据单独走SN侧,设置Split bearer时数据同时在SN/MN侧传输)。具体流程如下:

用户面数据流: EPC → gNBS1-U → gNodeB → gNBX2-U → X2-U → eNodeB。

选择仓山城门海峡西展外侧灯杆进行上下行灌包拉测,对比数据业务分别向LTE分流(Split bearer模式)与不分流(SCG bearer模式)时对边缘覆盖以及用户体验速率的影响。(以RSRP值为-100 dBm作中、远点临界点)。LTE小区为10 MHz带宽,总功率20 W(RS配置15.2),5G NR小区总功率200 W(功率配置值34.9)。

覆盖对比:对比单独NR数据传输与DC双连接的边缘速率(5 Mbit/s)覆盖情况,DC双连接比单独在NR上进行速率业务的边缘速率覆盖距离更远。

体验速率对比如下。

a) 上行增益。

(a) RSRP≥100 dBm时,DC分流场景下上行总平均速率38 Mbit/s(其中LTE平均速率12 Mbit/s,NR 26 Mbit/s),增益46%。

(b) RSRP<100 dBm时,DC分流场景下上行总平均速率11 Mbit/s(其中LTE平均速率0.7 Mbit/s,NR 8 Mbit/s),增益9%。

b) 下行增益。

(a) RSRP≥100 dBm时,DC分流场景下,下行总平均速率359 Mbit/s(其中LTE平均速率44 Mbit/s,NR速率315 Mbit/s),增益为14%。

(b) RSRP<100 dBm时,DC分流场景下,下行总平均速率215 Mbit/s(其中LTE平均速率14 Mbit/s,NR速率201 Mbit/s),增益为7%。

5 结束语

NSA组网结构是目前网络中主用的组网模式,本文就是在网络部署初期,从组网结构以及关键技术原理出发,摸索提升用户体验的方法及手段,通过DC双

连接、时隙配比优化以及Massive MIMO差异性优化3个方面进行测试验证,总结有益经验,从现阶段验证,总结如下结论:

a) 小角度水平波瓣角Massive MIMO设置信号能量更集中,有利于深度覆盖场景无线信号改善,提升该场景下用户体验。

b) 不同覆盖场景采用相应的Massive MIMO波束设置可以带来信号增益。广域覆盖建议用大水平扫描范围Massive MIMO波束设置,高楼场景建议设置更宽的Massive MIMO垂直波束设置。

c) 上下行时隙配比4:1时延优于8:2配置,但峰值速率低于后者。结合实际业务需求综合考量,为提升用户体验现阶段建议采用4_1_DDDSU配置。

d) 在NSA组网结构下5G站点配置DC双连接的Split bearer(动态分流)模式对用户体验有着比较明显提升作用。

参考文献:

- [1] 毛彬. 5G技术及网络规划的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2019,154(08):36-37.
- [2] 伍株仪. 5G MASSIVE MIMO技术[J]. 电子技术与软件工程, 154(8):64-65.
- [3] 刘慧洋. 5G核心网的部署策略[J]. 电子技术与软件工程, 2019, 152(06):23-24.
- [4] HSIAO M J, KIM K, NGUYEN C. On the investigation of cascode power amplifiers for 5G applications [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2019.
- [5] 徐勇军,彭瑶,余晓磊,等. 面向5G协作通信系统的资源分配技术综述[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2019,31(2):5-19.
- [6] LEE W, HONG Y K, WON H, et al. Dual-band (5G millimeter-wave and dedicated short-range communication) stacked patch antenna for advanced telematics applications [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2019,61(5).
- [7] 赵兴龙,许林,李雅瑄. 5G之教育应用:内涵探解与场景创新——兼论新兴信息技术优化育人生态的新思考[J]. 中国电化教育, 2019,387(4):10-14.
- [8] 迎九. 5G网络用FPGA加速卡的功能及设计[J]. 电子产品世界, 2019,26(4):29-30+37.
- [9] 邓安达,高松涛,程日涛,等. 5G NSA组网技术方案研究[J]. 移动通信, 2019(6):16-20.

作者简介:

陈锋,毕业于福州农林大学,高级工程师,主要从事无线网络优化工作;许绍松,毕业于南京邮电学院,高级工程师,主要从事无线网络优化工作;陈海,毕业于重庆大学,高级工程师,主要从事无线网络优化工作;董帝焯,毕业于厦门大学,高级工程师,主要从事WCDMA、LTE的网络优化和NR新技术的研究。