

导读:5G 规模商用为数字经济高质量发展提供了新的动力,但其无线网络高带宽、高速率、高频段的“三高”特点,依然在网络建设和运营方面提出了更高的要求 and 更大的挑战,5G 无线网络势必存在一个逐步完善的演进和发展过程。

为了促进 5G 通信技术交流,推动我国 5G 通信技术的发展,《电子技术应用》杂志 2020 年第 9 期推出“5G 无线网演进技术”主题专栏,论文内容针对 5G 无线网络商用后面面临的技术演进问题展开讨论,重点涵盖 4G 与 5G 动态频谱共享(DSS)、SA 组网平滑演进技术和 5G 无线切片技术等多个领域,期待为 5G 网络持续演进和发展提供有益的借鉴。



特约主编:朱雪田,北京邮电大学工学博士,教授级高级工程师,中关村国家自主创新示范区高端领军人才,现就职于中国联通网络技术研究院。长期从事 4G/5G 移动通信技术与业务创新研发工作,作为项目组长先后负责多个 4G/5G 领域的移动通信国家重大项目,发表学术论文超过 100 篇,发明专利 100 余篇,个人专著 4 本。

动态频谱共享技术的方案与开销研究*

周阅天,许晓航,谢伟良,陈建刚,李志军,李 晶
(中国电信股份有限公司智能网络与终端研究院,北京 102209)

摘要:动态频谱共享(Dynamic Spectrum Sharing, DSS)技术在同一频段内为不同制式的通信技术动态、灵活地分配频谱资源,这种技术在快速部署 5G 网络、实现 4G 向 5G 平滑演进、利用低频段实现 5G 网络广覆盖等方面具有重要意义。虽然 DSS 在多数情况下通过灵活分配频谱资源可以提高频谱资源利用率,但引入 DSS 技术的同时,也带来了额外的频谱开销。介绍了目前主流的 DSS 技术方案与相应的开销计算方法,通过对比引入 DSS 技术前后的开销损失来分析各种 DSS 技术方案的优缺点,总结归纳出主流技术方案的额外开销。

关键词:动态频谱共享;静态频谱共享;5G 网络演进;频谱资源;开销计算

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.200738

中文引用格式:周阅天,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.

英文引用格式:Zhou Yuetian, Xu Xiaohang, Xie Weiliang, et al. Research on technical scheme and cost of dynamic spectrum sharing[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 1-6, 13.

Research on technical scheme and cost of dynamic spectrum sharing

Zhou Yuetian, Xu Xiaohang, Xie Weiliang, Chen Jiangang, Li Zhijun, Li Xiao
(China Telecom Intelligent Network and Terminal Research Institute, Beijing 102209, China)

Abstract: Dynamic spectrum sharing(DSS) technology allocates spectrum resources dynamically and flexibly for different communication technologies in the same frequency band. This technology is of great significance in the rapid deployment of 5G network to realize the smooth evolution from 4G to 5G, and the realization of 5G network wide coverage by using low frequency band. Although DSS can improve the utilization of spectrum resources by flexibly allocating spectrum resources in most cases, the introduction of DSS technology also brings additional spectrum cost. This paper will introduce the current mainstream DSS technology scheme and the corresponding cost calculation method, and analyze the advantages and disadvantages of various DSS technology schemes by comparing the cost loss before and after the introduction of DSS technology.

Key words: dynamic spectrum sharing(DSS); static spectrum sharing(SSS); 5G network evolution; spectrum resources; cost calculation

* 基金项目:国家科技重大专项课题(2017ZX03001013-004)

0 引言

随着无线设备数量指数级增加,人们对频谱资源需求的急剧增长,频谱共享技术(Static Spectrum Sharing, SSS)随之而来。实现频谱共享技术的方式最早是静态频谱共享,该技术是在同一频段内给不同制式的通信技术分别分配专用的载波。SSS 技术相当于在同一频段内以频分复用(FDD)的方式使用两种通信技术,这种方案简单透明利于实现,但当其中一种通信制式用户数量较少的情况下将会造成大量的频谱资源浪费^[1]。

为了解决 SSS 技术的不足,动态频谱共享技术(Dynamic Spectrum Sharing, DSS)应运而生。DSS 技术是在同一频段内为不同制式的通信技术根据用户的分布情况动态地分配频谱资源,如图 1 所示^[2]。该技术解决了 SSS 技术的痛点,在大多数情况下能够有效提升频谱利用率,然而 DSS 的引入增加了公共信号的开销,因此在一些极端条件下 DSS 技术的频谱效率是低于 SSS 技术的,例如当两种通信技术用户均满载的时候。

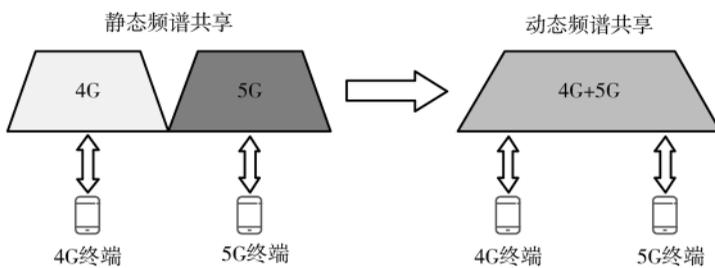


图 1 频谱共享技术演进示意图

显然, DSS 技术实际上是牺牲了一些公共开销来换取 4G 与 5G 之间频谱资源的分配灵活性,目前尚没有文献对具体牺牲多少开销进行归纳总结。本文将就目前主流 DSS 技术方案引入的开销进行分析,并最终给出 DSS 带来额外开销的具体计算方法^[2]。

1 DSS 技术背景

1.1 DSS 的重要意义

DSS 可以在两种不同的通信技术之间动态共享频谱的特点对于网络运营商部署混合网络有着重大意义。具体体现在以下几个方面。

(1) 低频实现 5G 广覆盖

5G 目前的容量频段 3.5 GHz 较高,导致单站覆盖距离小,难以在短时间内实现连续的 5G 广覆盖。且因为 5G 频段较高,信号穿透能力较弱,即使在密集城区 5G 信号也难以渗透到室内场景。而目前的低频段频谱资源几乎都被 4G 占据,而 4G 将与 5G 长期共存,5G 难以直接重耕这些优质的低频段资源。动态频谱共享技术可动态共享 4G 优质低频资源,从而快速实现 5G 广覆盖和深度覆盖^[3]。

(2) 4G 向 5G 平滑演进

在低频部署 5G 时,运营商也可以将 4G 低频资源中

分割出一段给 5G 重耕使用,但这种硬分割的办法会降低 4G 可用频谱带宽,导致 4G 网络拥塞。更重要的是,低频重耕 5G 需要新建 5G 基站。由于早期 5G 用户不是很多,低频段主要覆盖的农村场景的 5G 用户更少,这可能会导致 5G 投资浪费。

采用动态频谱共享技术后,既可利旧 4G 的低频段资源和基站,也可实现 4G 向 5G 平滑演进,大幅降低 5G 投资成本。在 5G 发展早期,4G 用户多 5G 用户少,可以动态地分配更多频谱资源给 4G 用户。在 5G 发展中期,5G 用户越来越多, DSS 就动态地为 5G 用户多分配一些频谱资源。到了 5G 发展后期,大部分 4G 用户转为 5G 用户后, DSS 就将整段频谱资源重耕为 5G 系统。

(3) 快速实现 SA 组网

NSA 通过 4G 和 5G 双连接的方式将 5G 基站锚定于 4G,并沿用 4G 核心网;而 SA 架构实现了独立于 4G 的 5G 网络部署,从核心网到接入网都采用全新的 5G 技术。NSA 组网利用现有的 4G 网络规模引入 5G NR,利于运营商快速落地部署 5G,抢占市场。但 NSA 组网依然是 4G 生态的延续,主要针对 eMBB 场景和 2C 消费者市场。而 SA 组网才是 5G 的重点,可使能丰富的 2B 垂直行业应用,为运营商增加收入来源。为此,全球领先运营商都在积极筹备 5G SA^[2-3]。但由于 SA 组网不再依托于 4G 网络规模,需从头开始部署一张完整的、广覆盖的 5G 网络,考虑 5G 频段更高,单站覆盖范围更小,这意味着网络投资更大。采用动态频谱共享技术后,5G 网络可利用 4G 低频段,可快速实现 5G SA 广覆盖。

1.2 DSS 的部署

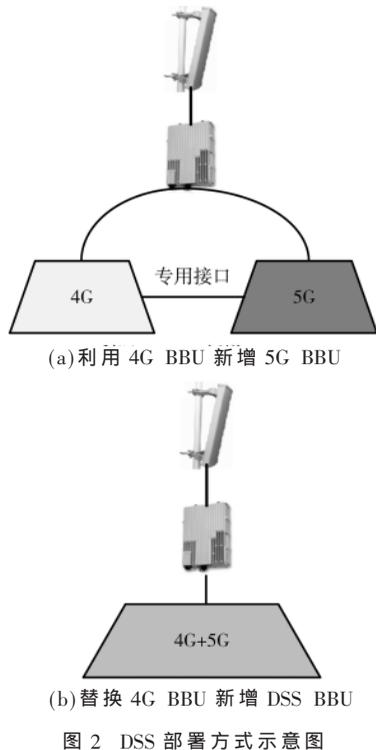
传统网络部署新基站需新增 5G BBU、RRU 和天线,而 DSS 部署可利旧现有 4G 网络的频段、RRU 和天线,只需更换或添加 BBU 单元即可快速将 4G 网络升级到 5G。

在基带部分,动态频谱共享有两种部署方式:(1)在原有 4G BBU 的基础上新增 5G BBU 或基带板,两者之间通过厂家的专用接口快速调度,专用接口是厂家独有的,非开放的。这意味着动态频谱共享部署绑定于单一厂商,不支持多供应商部署;(2)用新的共享 4G 和 5G 的 BBU 替换原来的 4G BBU。两种部署方式的示意图如图 2 所示^[2]。

2 DSS 的实现技术方案

5G NR 与 4G LTE 的物理层都是基于 OFDM 波形设计的,且 5G NR 可以选择与 4G LTE 相同的参数集,即相同的子载波间隔与时隙结构,这是 4G 和 5G 之间实现动态频谱共享的基础^[4]。

因为终端使用广播信道、同步信号、导频信号等信息来建立公共参考以与网络同步从而接入网络,所以这些公共信号对于手机接入网络和网络保持通信至关重要。DSS 技术的基本思想就是,在 LTE 子帧中调度 NR



用户,同时确保两种通信制式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 NR 与 LTE 用户产生影响。

具体来讲,实现 DSS 技术的关键点是:

(1) 确保 5G NR 的参考信号(SSB 或 DMRS)、系统信息(RMSI)等接入必要信号与 LTE 的参考信号(CRS)、控制信道等常开信号在时频资源分配上不会发生冲突;

(2) 在两者不发生冲突的前提下,将 5G NR 信号插入 LTE 子帧。

4G LTE 的所有信道的时频资源是固定分配的,LTE 的 CRS 与控制信道在连续的时频资源中占用特定的位置。5G NR 定义了各种参数集,物理层设计灵活可扩展,可根据不同的频段分配为数据信道和同步信道提供不同的子载波间隔。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。因此,利用 NR 物理层的动态灵活性去适配相对固定的 LTE,可避免两种技术之间发生冲突。

基于以上原则,目前设备厂商有以下 3 个主流的实现方法:基于 M 子帧、基于速率匹配(分为 LTE 侧打孔与 NR 侧打孔)。

2.1 基于 MBSFN 子帧

MBSFN,即多播-广播单频网络,指在 LTE 中用于点对多点传输,如 eMBMS 多媒体广播多播服务。若子帧用于传输 MBSFN 时,子帧的前 1~2 个 OFDM 符号用于传输小区参考信号,剩下的 12~13 个 OFDM 符号保留用于 eMBMS 广播服务,并不能用于其他 LTE 用户传输数据^[5]。

把 MBSFN 用于 DSS 中的 NR 时,就是将 5G NR 的

广播信号与公共信息插入在保留的 OFDM 符号里。LTE 的 MBSFN 子帧,只在 1~2 符号发送 LTE PDCCH、PCFICH、PHICH 和 CRS,其余符号空闲。因此,为了规避 LTE 的 CRS 和 NR 发送 SSB、RMSI 和 paging 的干扰,可以将 LTE 配置为 MBSFN 子帧,LTE 中每 20 ms 可以配置一到多个 MBSFN 子帧,不发送 CRS,不会对 NR 的 RMSI 和 SSB 产生干扰。因此在 MBSFN 子帧上,LTE 只需要 1~2 符号发送 PCFICH、PHICH 和 PDCCH,其他符号可以用于 NR,或者用于 TM9 终端调度,其示意图如图 3 所示。

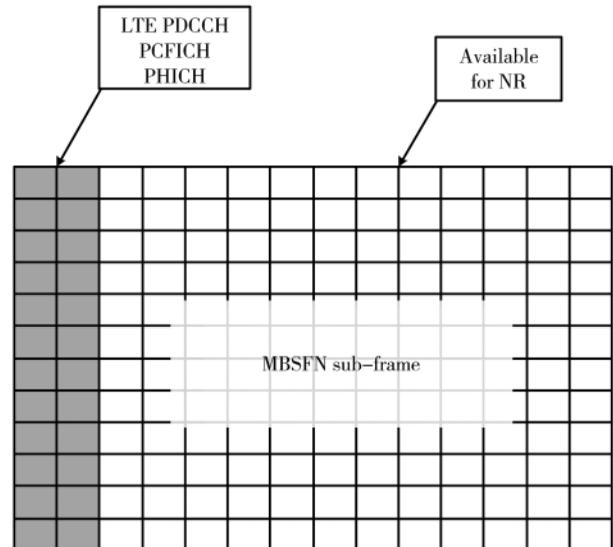


图 3 MBSFN 子帧结构示意图

MBSFN 子帧配置是 LTE 的功能,用于在 LTE 载波上实现广播功能。有关 MBSFN 的配置信息在 SIB2 上广播,SIB2 中给出了用于发送广播的具体子帧,但标准规定子帧 0/4/5/9 不会被用于发送广播,因为子帧 0/4/5/9 中包含了同步信号和寻呼信道,如图 4 所示。所以 SIB2 的 MBSFN 配置信息要告知在剩下的 6 个子帧中,MBSFN 子帧是怎样分配的,周期是多少。

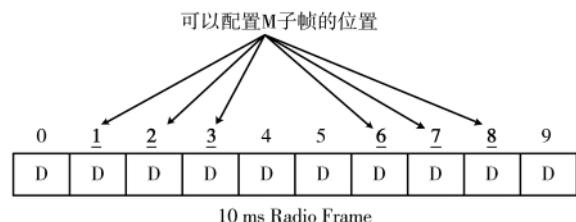


图 4 可配置 M 子帧位置的示意图

关于 SSB 与 SIB1 能否配置在同一个子帧:协议允许 SIB1 和 SSB 配置在一个子帧时频域资源不重叠的带宽上。这种配置下,UE 需要两个周期分别解调 SSB 和 SIB1,造成 UE 网络初搜时间增加。综合考虑,建议一个周期内配置两个 M 子帧,SSB 与 SIB1 分别配置在不同的 M 子帧上,配置方式如图 5 所示。

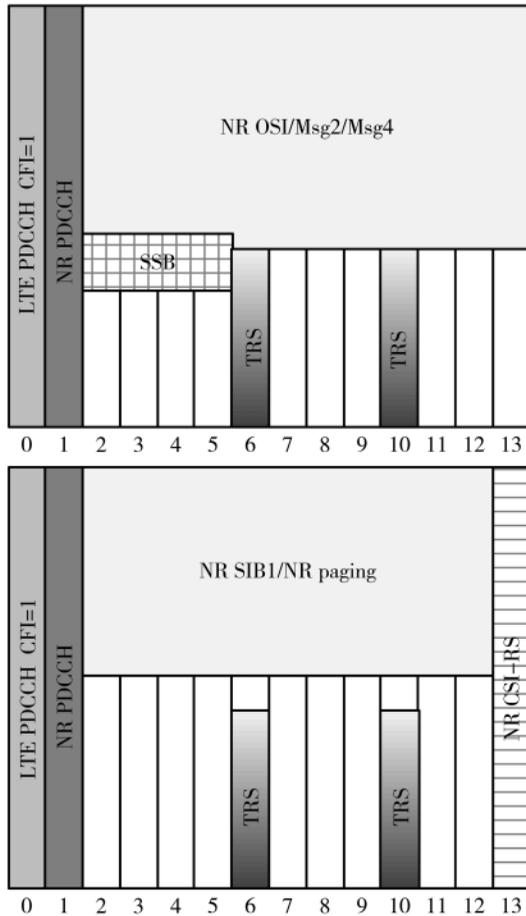


图5 DSS 推荐 MBSFN 子帧配置

图5所示为一种推荐的实现DSS功能的M子帧配置,其中设置CFI=1可以给NR提供更多的时频资源;NR PDCCH采用type0, Coreset0选择TS38.213 Table13-1配置12, SearchSpaceZero选择TS38.213 Table13-11配置10。

2.2 基于速率匹配

3GPP 38.214提供了针对LTE CRS的RE级别的速率匹配方式:LTE-CRS-ToMatchAround。此功能对于5G基站;LTE CRS对应的RE,不填写NR PDSCH下行数据;对于5G终端;读取NR PDSCH下行数据时,不解析LTE CRS对应的RE^[6]。当LTE CRS与NR公共信号与系统消息冲突时需要对其一侧进行打孔。从原理上看,在DSS技术下,由于4G信令和5G信令共存,会带来一定的信道容量损失、测量损失与解调能力下降。

此外,动态频谱共享的实现粒度也是衡量解决方案的指标之一。由于动态频谱共享需跨越两个不同制式的技术来实现调度,调度程序至关重要,需在1~100ms之间的粒度范围内响应不断变化的流量需求。粒度越小,性能越好。目前主流水平都能支持时域ms级调度,频域RB级调整粒度。

2.2.1 LTE CRS 打孔

LTE CRS打孔即在LTE CRS与NR信号发生冲突

时,LTE侧在NR公共调度PDSCH(SSB、RMSI、paging、Msg2、Msg4)对应RE上执行CRS降功率流程,过程如图6所示。考虑到NR公共调度的子帧上CRS降功率会影响LTE终端的接收性能,因此要对LTE的下行AMC(自适应调制编码)进行优化,在LTE打孔子帧上对基于CRS解调的UE采用MCS降阶处理。

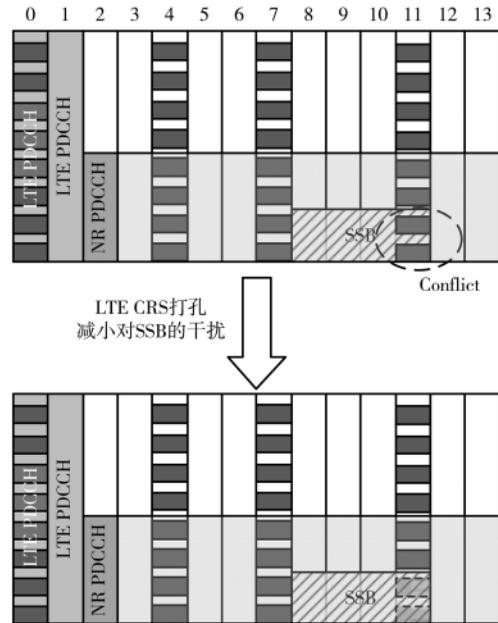


图6 LTE CRS 打孔过程示意图

LTE CRS打孔理论上会带来的负面影响有:

- (1)对RSRP的测量有将近1dB的影响;
- (2)解调能力下降带来额外的容量损失基本在3%~4%以内;
- (3)频偏残留对于解调和容量的影响可忽略,时偏测量在符号0进行,无影响。

2.2.2 NR SSB 打孔

NR发送SSB、RMSI时,此时UE尚未接入,尚未获得对LTE的CRS的速率匹配能力。可采用NR基站在LTE的CRS的位置主动打孔NR信号的方式,避免NR的SSB、RMSI子帧受到LTE的CRS的干扰。其过程也可以参照图6,只不过在冲突位置变成了SSB打孔,SSB的时频分布如图7所示。结合图6可以看出,LTE 2Port时在PBCH上打孔,LTE 4Port时PBCH和PSS均打孔。但NR基站打孔在LTE CRS的位置的

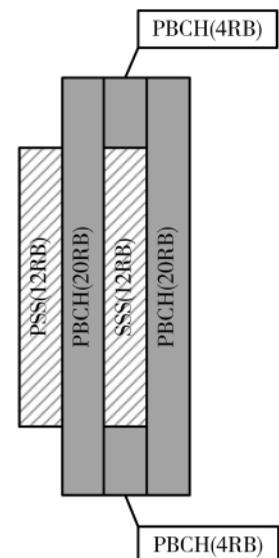


图7 SSB 时频资源分布示意图

行为, NR 的终端并不知晓,可能会对 NR 的 SSB 以及 RM-SI 产生影响。

NR 打孔负面影响:

(1) PBCH 打孔后同时受 CRS 干扰,解调性能损失 1~1.4 dB;

(2) LTE 采用 4Port 时, PSS 打孔并受 CRS 干扰性能损失 1~1.5 dB, 2Port 下, PSS、SSS 无影响;

(3) 为保证 RMSI 的解调性能,需要降低 MCS。

3 上行开销计算

上行开销涉及的信号有: LTE PUCCH、LTE PRACH、LTE SRS、NR PUCCH、NR PRACH、NR SRS。这些信号在一个子帧上的时频资源分布如图 8 所示,在这些信号里只有 LTE 与 NR 的控制信道是常开的。两者的 PRACH 信道可以频分复用在同一个子帧里,也可以时分复用在不同的子帧里。两者的 SRS 信号也是分散在某几个特定子帧里。各信号具体配置如下。

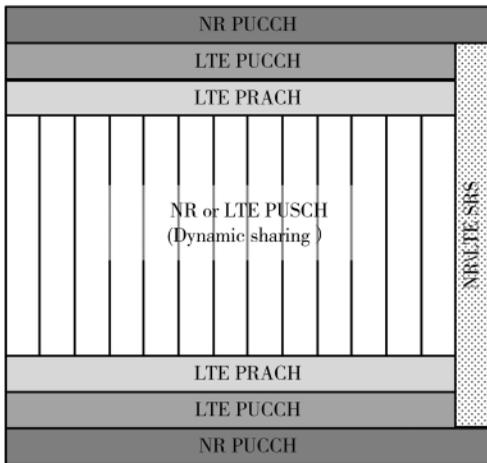


图 8 上行 DSS 信号时频资源分布图

PUCCH: 用于传输上行 L1/L2 控制信息以支持上下行数据传输(SR、CSI、HARQ 等),为减少资源碎片化配置在带宽一侧。LTE PUCCH 默认 8RB,两边各 4 个。NR PUCCH 每个厂家配置不同,目前主流实现的建议配置: 10RB 带内 4RB(厂商 A),6RB 带内 0RB(厂商 B),9RB 带内 3RB(厂商 C)。

PRACH: PRACH 用于传输 random access preamble,通过 SIB2 中的 prach-ConfigIndex 查 36.211 的 Table 5.7.1-2 得到 preamble format 以及可以用于传输 preamble 的系统帧和子帧号,从而确定可选的时域资源。频域上固定连续 6 个 RB。主流实现方式建议: NR、LTE 均 10 ms 配 2 个 RA(厂商 A); NR、LTE 均 10 ms 配 1 个 RA(厂商 B); NR 10 ms 配 2 个 RA, LTE 10 ms 配 1 个 RA(厂商 C)。

SRS: 用于估计上行信道频域信息,做频率选择性调度;用于估计上行信道状态,做下行波束赋形。LTE 和 NR 的 SRS 在时域每个时隙的最后一个 OFDM 符号时分复用,周期和子帧配置可查 38.211 的 Table 5.5.3.3-1。

《电子技术应用》2020 年第 46 卷 第 9 期

NR SRS 建议一个系统帧配置两个子帧,即配置周期为 5 ms。目前商用可不配置 LTE 的 SRS。

为了说明引入 DSS 后的效率变化,本文计算两种场景下的开销:(1)场景 1:用户都是 LTE, NR 空载时对 LTE 的影响;(2)场景 2:用户都是 NR, LTE 空载时对 NR 的影响。以厂商 B 推荐的配置为例,总带宽资源采用 20 MHz,计算方法如表 1、表 2 所示。

表 1 场景 1 上行额外开销计算

LTE 总资源	引入 DSS 后增加的开销	结果	
100RB×20 ms	NR PUCCH	$\frac{0 \times 20}{100 \times 20} = 0$	
	NR PRACH	$\frac{6 \times 2}{100 \times 20} = 0.6\%$	2.03%
	NR SRS	$\frac{100 \times (1/14) \times 4}{100 \times 20} = 1.43\%$	

表 2 场景 2 上行额外开销计算

NR 总资源	引入 DSS 后增加的开销	结果	
106RB×20 ms	LTE PUCCH	$\frac{8 \times 20}{106 \times 20} = 7.55\%$	
	LTE PRACH	$\frac{6 \times 2}{106 \times 20} = 0.57\%$	8.11%
	LTE SRS	$\frac{0 \times (1/14) \times 4}{106 \times 20} = 0$	

由表 1、表 2 可以看到出,引入 DSS 技术与分配专有频段相比,对 LTE 的影响要小于对 NR 的影响。这是因为 NR 的在子载波间隔为 15 kHz 时保护带宽较少,因此可用带宽有 106RB,而对额外开销影响最大的 NR 控制信道可以放在 LTE 可用带宽(100RB)的带外。表 3 总结了上行资源对于 LTE 和 NR 的总开销,剩下的资源可作为数据信道。

表 3 DSS 上行资源总开销

开销信号	占用 LTE 开销	占用 NR 开销
NR PUCCH	$\frac{0 \times 20}{100 \times 20} = 0$	$\frac{6 \times 20}{106 \times 20} = 5.66\%$
NR PRACH	$\frac{6 \times 2}{100 \times 20} = 0.6\%$	$\frac{6 \times 2}{106 \times 20} = 0.57\%$
LTE PUCCH	$\frac{8 \times 20}{100 \times 20} = 8\%$	$\frac{8 \times 20}{106 \times 20} = 7.55\%$
LTE PRACH	$\frac{6 \times 2}{100 \times 20} = 0.6\%$	$\frac{6 \times 2}{106 \times 20} = 0.57\%$
LTE/NR SRS	$\frac{100 \times 1/14 \times 4}{100 \times 20} = 1.43\%$	$\frac{100 \times 1/14 \times 4}{106 \times 20} = 1.35\%$
共计	10.63%	15.7%

4 下行开销计算

下行开销涉及的公共信号与系统消息比较多,具体有:

NR 方面: SSB、PDCCH、SIB1、SIBx、Msg2/4、Paging、DMRS、CSI-RS、TRS。

LTE 方面: PBCH/SS、PDCCH/PCFICH/PHICH、SIB1、

SIBx、Msg2/4、Paging、CRS。

当这些信号/系统信息在时频域发生冲突时,均可以使用第2节介绍的打孔或M子帧方案解决,时频资源分布可以参考第2节,具体的避让原则如下。

(1) LTE 避让 NR

① LTE 避让 NR 的 SSB 和 RMSI——M 子帧方案:LTE 在 NR 的 RMSI 与 SSB 的子帧,将自己配置为 MBSFN 子帧,不发送 CRS,不会对 NR 的 RMSI 和 SSB 产生干扰。非 NR 的 RMSI 子帧,LTE 无需改变。

② LTE 避让 NR 的 SSB 和 RMSI——CRS 打孔方案:LTE 在 NR 的 RMSI 与 SSB 占用的时频资源上不发送 CRS。

③ LTE 避让 NR 的 PDSCH—LTE——CRS 打孔方案:LTE 在 NR 的 PDSCH 占用的时频资源上不发送 CRS。

(2) NR 避让 LTE

① NR 避让 LTE 的控制信道:NR 不在 LTE PDCCH 符号上映射业务。

② NR 避让 LTE 的 PBCH/SS:NR 在 LTE 发送 PSS/SSS/PBCH 子帧中间 6 个 RB 上不承载业务。

③ NR 避让 LTE CRS:NR 不在 LTE 的 CRS 的位置映射业务,通过 SIB1 通知 UE 在 LTE 的 CRS 上做速率匹配。

④ NR 导频避让 LTE 导频:LTE 导频时域位置固定于符号{0,4,7,11},NR 配置业务的 DMRS 配置避开这些符号,3GPP 38.306 定义了这个功能 additionalDMRS-DL-Alt,仅用在 FR1 并且只有一个附加 DMRS 和 SCS=15 kHz^[7]。

为了说明引入 DSS 的影响,分别计算 NR 空载和 LTE 空载两种情况下多出的开销,由于各个厂家下行实现方案差异较大,这里只针对其中一种实现的 CRS 打孔方案和 M 子帧方案为例做计算。

4.1 CRS 打孔方案

(1) 场景 1,全部是 LTE 用户 NR 空载,则 NR 对 LTE 的影响有:

① SSB:原本占(20RB,4 个符号),由于 CRS 打孔周边 RB 间隔考虑计算开销为 24RB,又因为 LTE RBG 调度则时域开销为 1ms(整个子帧),周期为 20ms。

② SIB1:仅消耗 SIB1 占用的 RB,大约为 8RB,时域 1ms,周期为 40ms。

按以上开销信号时频资源计算结果见表 4。

表 4 场景 1 下行额外开销计算

开销信号	对 LTE 的影响
SSB	$\frac{24 \times 1}{100 \times 20} = 1.2\%$
SIB1	$\frac{8 \times 1}{100 \times 40} = 0.2\%$
总计	1.4%

(2) 场景 2,全部是 NR 用户 LTE 空载,则 LTE 对 NR 的影响有:

① PDCCH/PCFICH/PHICH:按 CFI=2 计算,每个子帧

占 2 个符号。

② CRS:按 4Port 计算,占据符号{0,1,4,7,8,11},每个符号占据 1/3RE。

③ PBCH/SS:信号本身占据频域 6RB,时域 PBCH 为 4 个符号周期 10ms,SS 为 2 个符号周期 5ms。由于采用 RBG 调度避让(P=4),则频域开销按 12RB 计算,时域按 1ms 计算。

④ 系统消息(SIB1、SIBx):按时频占据(20RB,1ms)计算,周期为 20ms。

按以上开销信号时频资源计算结果见表 5。

表 5 场景 2 下行额外开销计算

开销信号	对 NR 的影响
LTE PDCCH+前 2 个符号的 CRS	$\frac{2}{14} = 14.3\%$
后 12 个符号的 CRS	$\frac{16RE}{12SCS \times 14Sym} = 9.5\%$
PBCH/SS	$\frac{12RB \times 1ms}{106RB \times 5ms} = 2.3\%$
系统消息	$\frac{20RB \times 1ms}{106RB \times 20ms} = 0.9\%$
总计	27%

由表 4 和表 5 可以看到,DSS 技术对比分配专有频段:NR 对 LTE 的影响很小,仅有 1.4%,这 1.4%是准备随时为 NR 用户提供业务的最小开销,这得益于 NR 的信号设计十分灵活,不用常开占用时频资源。而 LTE 对 NR 的影响就比较大,有 27%,大部分来自 LTE 的控制信道、广播信道、参考与同步信号,这些信号的共同点是要保持常开。

4.2 M 子帧方案

(1) 场景 1,全部是 LTE 用户 NR 空载,则 NR 对 LTE 的影响有:

整个 M 子帧都算作开销,SSB 与 SIB1 放在不同的子帧,SSB 周期为 20ms,SIB1 周期为 40ms,因此开销为:1/20+1/40=7.5%。

(2) 场景 2,全部是 NR 用户 LTE 空载,则 LTE 对 NR 的影响有:

因为此方案有 7.5%的 M 子帧与 92.5%的非 M 子帧,在 92.5%的非 M 子帧中 LTE 对 NR 的影响与 CRS 打孔方案下 LTE 空载场景分析相同,为 27%;而在 7.5%的 M 子帧中,LTE 的控制信道还要占据 1~2 个符号的时频资源,这里取 CFI=1 占据 1 个符号。因此,可得出 LTE 对 NR 的影响有:27%×92.5%+1/14×7.5%=25.5%。

DSS 技术在 M 子帧方案下依然是 LTE 对 NR 影响较大,而 NR 对 LTE 的影响较少。

5 结论

本文介绍了 DSS 的技术背景与技术方案,并以典型配置为例针对 LTE 满载与 NR 满载场景,对 DSS 进行了

(下转第 13 页)

3.3 CPAC

对于 SCG 改变的健壮性增强,引入的方案是 CPAC (Conditional PSCell Add and Change),条件性地进行 PSCell 的增加/修改,技术方案上完全复用 CHO,并支持 NR Pscell 的任何架构选项。

对于条件性的 PSCell 增加,MN (Master eNodeB) 决定条件性 PSCell 增加的执行条件,即由测量 ID 的定义由 MN 提供的测量配置给出。对于条件性的 PSCell 改变,执行条件可以由 MN 或 SN (Secondary gNodeB) 决定 (即 SN 决定 SN 发起流程的条件,MN 决定 MN 发起流程的条件);对于条件性的 PSCell 改变,还应该支持 A3/A5 执行条件。对于条件性的 PSCell 增加,应该支持 A4/B1 执行条件。

4 结论

SA 网络是 5G 网络的目标架构,目前正在部署和商用,短期内不能做到完全连续覆盖,会有大量的移动性管理。本文介绍了 NR 系统内的移动性管理和 4G/5G 间的互操作,都是包含小区重选、重定向和切换。最后,分析了 R16 中提出的几种移动性增强方案,DAPS 切换能够解决 R15 切换 0 ms 中断时延的问题,CHO 可以

提高切换成功率,CPAC 可以增强 SCG 改变的健壮性,从而通过这几种移动性增强方案进一步优化了 5G 切换技术。

参考文献

- [1] 刘博光,柳少明,门少杰,等.基于 SA 的 NSA 移动 5G 网络部署探讨[J].移动通信,2019 (8):20.
- [2] 刘晓峰,孙韶辉,杜忠达,等.5G 无线系统设计与国际标准[M].北京:人民邮电出版社,2019.
- [3] 朱晨鸣,王强,李新.5G 2020 后的移动通信[M].北京:人民邮电出版社,2016.
- [4] 埃里克·达尔曼,斯特凡·巴克浮,约翰·舍尔德,等.5G NR 标准:下一代无线通信技术[M].朱怀松,王剑,刘阳,译.北京:机械工业出版社,2019.

(收稿日期:2020-07-11)

作者简介:

林平平(1987-),女,硕士,主要研究方向:4G/5G 移动通信无线网络共享、演进及规划等技术。

张光辉(1976-),男,博士,主要研究方向:移动通信技术演进与规划。

李晶(1994-),女,硕士,主要研究方向:4G/5G 移动通信无线网络创新与研发。

(上接第 6 页)

上行额外开销计算与下行额外开销计算,说明了当引入 DSS 后多出了多少开销。

两种满载情况下,在上行额外开销的计算中,LTE 对 NR 的影响与 NR 对 LTE 的影响都较少,分别仅有 8.11% 与 2.03%。而下行额外开销计算中,无论是 CRS 打孔方案还是 M 子帧方案,LTE 给 NR 带来的影响远远超过 NR 给 LTE 带来的影响。CRS 打孔方案下,分别是 27% 与 1.4%;M 子帧方案下,分别是 25.5% 与 7.5%。

本文只是针对开启 DSS 后,LTE 或 NR 单一通信制式满载对比只部署 LTE 或 NR 额外带来的额外开销进行计算。因为此场景具有特别的意义,可直接计算出为了实现共享功能所牺牲的资源数量和比例。但是对于既有 LTE 又有 NR 用户的满载情况并未进行计算,这种情况将会涉及更多的参考信号、系统消息与 CRS 冲突需要打孔或配置 M 子帧的问题,例如:Msg2/4、DMRS、CSI-RS、TRS 等,带来的额外开销计算还需要在未来工作中继续研究。此外,CRS 打孔过多会影响解调性能,M 子帧配置过多会影响现网 4G 用户体验,因此实际部署可采取 M 子帧+打孔的方式,这种方式的具体方案能否进一步降低带来的负面影响与额外开销计算也是未来工作努力的方向。

参考文献

- [1] 埃里克·达尔曼,斯特凡·巴克浮,约翰·舍尔德,等.5G NR 标准:下一代无线通信技术[M].朱怀松,王剑,刘阳,译.北京:机械工业出版社,2019.
- [2] 万蕾,郭志恒.LTE/NR 频谱共享——5G 标准之上下行解耦[M].北京:电子工业出版社,2019.
- [3] 周阅天,李志军,陈建刚,等.5G 无线接入网共享与演进技术研究[J].电子技术应用,2020,46(4):14-18.
- [4] 3GPP TS 38.211 v15.8.0,NR;Physical channels and modulation[S].2020.
- [5] 3GPP TS 38.213 v15.10.0,NR;Physical layer procedures for control[S].2020.
- [6] 3GPP TS 38.214 v15.10.0,NR;Physical layer procedures for data[S].2020.
- [7] 3GPP TS 38.306 v15.9.0,NR;User equipment(UE) radio access capabilities[S].2020.

(收稿日期:2020-07-13)

作者简介:

周阅天(1992-),通信作者,男,硕士,主要研究方向:网络共建共享、4/5G 协同组网等,E-mail:zhouyt@china-telecom.cn.

许晓航(1995-),男,硕士,主要研究方向:网络共建共享、通信网络节能等。

谢伟良(1976-),男,博士,教授级高工,主要研究方向:无线通信及移动网络新技术及技术测试等。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所