

DSS 中 LTE/NR 物理层上行配置方法研究*

侯佳¹, 胡春雷¹, 李鹏², 鲁娜², 谢伟良¹, 周阅天¹

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209; 2. 中国电信集团有限公司, 北京 100033)

摘要: 4G/5G 动态频谱共享(Dynamic Spectrum Sharing, DSS)技术能够更高效地利用有限的低频频谱资源,是 4G 向 5G 平滑演进的重要手段。设计 DSS 运行于授权 LTE 频段的关键点之一是解决 4G LTE 和 5G NR 上行物理层信道/信号时频冲突问题。针对 2.1 GHz DSS 场景下的上行物理资源分配冲突,从时域、频域、码域等多维度研究 LTE/NR 上行物理信道和参考信号格式选择和资源占用,结合现网负载情况及 5G 网络演进,提出一种基于业务比例的 DSS 上行时频资源分配方法,为 DSS 部署中物理层上行配置提供合理化建议。

关键词: 4G/5G; 动态频谱共享; 物理层; 上行

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200716

中文引用格式: 侯佳, 胡春雷, 李鹏, 等. DSS 中 LTE/NR 物理层上行配置方法研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9): 23-28.

英文引用格式: Hou Jia, Hu Chunlei, Li Peng, et al. Research on DSS uplink physical layer configuration[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 23-28.

Research on DSS uplink physical layer configuration

Hou Jia¹, Hu Chunlei¹, Li Peng², Lu Na², Xie Weiliang¹, Zhou Yuetian¹

(1. China Telecom Research Institute, Beijing 102209, China; 2. China Telecom Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

Abstract: Dynamic Spectrum Sharing(DSS) is emerging as an important technology for the smooth evolution to 5G, which can effectively improve the spectrum utilization efficiency of low frequency bands. One of the key points for the design and operation of DSS is to solve the problem of 4G LTE and 5G NR uplink physical layer conflicts. In this paper, the format selection and resource allocation for uplink(UL) physical channel and reference signal are studied in multiple dimensions. And a load-based uplink resource allocation method is proposed to provide configurations for DSS deployment.

Key words: 4G/5G; dynamic spectrum sharing(DSS); physical layer; UL

0 引言

随着移动设备数量和数据业务呈指数级增长,无线网络面临频谱资源短缺等挑战。传统条块化频谱划分方式和静态频谱使用方法导致部分频段频谱利用效率低下,进一步加剧了无线通信场景下频谱资源的紧缺与浪费之间的矛盾。为解决这一问题,3GPP R15 提出在 5G 中使用动态频谱共享技术,允许 4G LTE 和 5G NR 共享相同的频谱,能够降低频谱和带宽限制对当前 5G 无线通信发展的束缚,避免较长的清频周期以及 5G 部署初期较少用户占据大量带宽资源的现象,助力 4G 到 5G 的平滑演进。

当前,2.1 GHz FDD 频段主要依靠 4G LTE 来承担数据业务,在无线网络建设和演进过程中由于基站建设投入不高,存在频谱利用率低下等问题。相较于 2.1 GHz 频段,国内 5G Sub 6G 频段主要分布在 2.6 GHz、3.5 GHz 等 TDD 频段,存在覆盖能力较差的短板,在上行尤为突

出;且 5G TDD Massive MIMO 射频单元成本较高,新的基带管理平台部署较慢。因此,借助 2.1 GHz 频段覆盖优势,采用软件升级方式,根据 4G/5G 网络负荷为 LTE/NR 制式用户分配时频资源,能够更加灵活、高效地利用频谱资源,快速、经济地提升 5G 覆盖范围。然而,该技术面临的关键问题之一是如何在解决 LTE 和 NR 物理层时频资源冲突问题。

本文针对 2.1 GHz 动态频谱共享场景中上行时频资源分配问题,研究物理层上行信道和参考信号功能及格式选择,结合现网 LTE 载荷及 NR 技术演进,提出一种单个运营商内授权频谱 LTE/NR 双制式 DSS 上行配置方法和建议,旨在保证 LTE 用户性能的前提下,将空闲资源分配给 NR 用户,提升频段的频率利用效率。

1 DSS 中上行资源及配置冲突

在 2.1 GHz LTE/NR DSS 场景中,FDD 5G NR^[1]和 4G LTE 均采用 15 kHz 子载波间隔共享 20 MHz 带宽资源。相同的子载波间隔保证了 LTE 和 NR 的子载波正交,使

* 基金项目: 国家科技重大专项课题(2017ZX03001001)

得两种制式能够以频分复用的方式进行频谱动态共享。在时域上,LTE和NR子帧均为1ms,含14个OFDM符号,TTI相同,均每毫秒调度一次。因此,2.1GHz DSS以LTE用户优先的原则,可实现TTI/RB级动态刷新动态。LTE上行时频资源分配如图1所示,包括对3种上行物理信道和2种参考信号的配置。

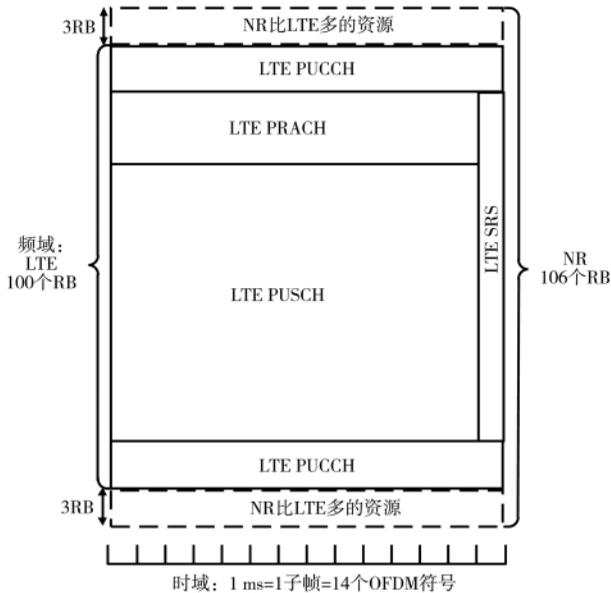


图1 20 MHz带宽LTE系统上行基础配置

(1)上行共享物理信道(Physical Uplink Shared Channel, PUSCH):主要承载公共/专用的控制信令及用户数据;相较于LTE最高64QAM的调制方式,5G NR可支持256QAM的高速传输。

(2)上行控制物理信道(Physical Uplink Control Channel, PUCCH):用于传输上行控制信令UCI(Uplink Control Information, UCI)。

(3)随机接入信道(Physical Random Access Channel, PRACH):用于UE发起随机接入,完成上行同步。

(4)解调参考信号(DeModulation Reference Signals, DMRS):主要用于基站对上行物理信道进行信道估计,以便正确地解调PUCCH和PUSCH。

(5)探测参考信号(Sounding Reference Signal, Sounding RS, SRS):用于上行信道质量估计,以便eNodeB进行上行的频率选择性调度。

在此基础上,5G NR上行链路支持相位跟踪参考信号(Phase-Tracking Reference Signals, PT-RS),用于高频场景下相位对齐。

UE通过上行物理信道向基站发送信号,利用上行参考信号进行相干解调所需要的信道估计和信道探测等。DSS技术设计运行于授权LTE频段的关键点之一是在同一频段资源上通过时分/频分等方式将资源动态分配给系统必要的信道和参考信号,DSS场景中LTE和

NR上行配置冲突如表1所示。其中,LTE和NR的PUCCH占用RB的起始位置和数量、PRACH格式和周期、SRS的开关状态,是当前DSS上行配置影响网络性能的关键因素。

表1 DSS LTE/NR上行信道及信号时频资源冲突

| NR/LTE | PUSCH | PUCCH | DMRS | SRS | PRACH |
|--------|-------|-------|------|-----|-------|
| PUSCH | 有 | 有 | 无 | 有 | 有 |
| PUCCH | 有 | 有 | 无 | 有 | 有 |
| DMRS | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| SRS | 有 | 有 | 无 | 有 | 有 |
| PRACH | 有 | 有 | 无 | 有 | 有 |

2 LTE/NR上行物理层原理

本节针对2.1GHz LTE/NR DSS场景中上行信道/信号配置问题,从时域、频域、码域等多个维度研究LTE上行SRS、PUCCH、PRACH功能和配置方法及NR技术演进,为LTE优先下的DSS上行配置方法提供理论基础。

2.1 SRS原理

2.1.1 SRS功能

在进行数据传输时,基站使用SRS来估计可调度频段的上行信道质量,将瞬时信道状态好的RB分配给UE,同时选择传输参数进行UE初始化(如:调制编码方案、功率等),以及上行的频率选择性调度。

在TDD系统中,上下行信道采用相同频段,分别在不同时隙内进行通信,在相干时间内上下行信道的空口部分具有互易性,基站可利用SRS得到下行信道信息,并进行下行需要的预编码矩阵的计算和选择。

2.1.2 LTE SRS时频位置和复用

SRS信号由子帧的最后一个SC-FDMA符号发送(特殊子帧除外),如图2所示。如果最后一个符号分配给了SRS,则该符号不能用于PUSCH传输,在最差的情况下(每个子帧都有SRS传输),SRS会占用大约7%(1/14)的开销。在频域上,SRS传输覆盖了调度器“感兴趣”的全部频带,UE通过RRC信令获取小区允许的SRS带宽和PRB位置信息及是否进行跳频。

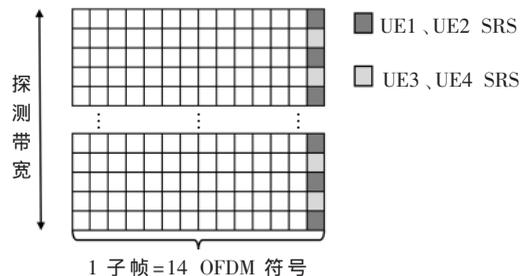


图2 SRS的时频资源及复用

在序列向物理资源的映射上,SRS采用了2个子载波的频率间隔,形成“梳状”的频域结构。时域上采用时

分复用(Time Division Multiplexing, TDM)的方式来实现不同 SRS 的复用;相同的“梳状”内可以通过基序列不同的循环移位(最高 8 种),以码分的方式进行更多的复用,如 UE1 和 UE2、UE3 和 UE4。

2.1.3 5G NR SRS 演进

NR 中引入了 SRS resource 的概念,可以配置 1、2、4 个天线端口。在时域上,可以位于一个 slot 中的最后 6 个符号中的连续 1、2、4 个连续符号,频域位置与 BWP (Band Width Part)有关。

2.2 PUCCH 原理

2.2.1 PUCCH 功能

UE 通过 PUCCH 传输上行 UCI 以支持下行数据传输。与下行控制信息相比,UCI 只需携带基站未知的信息,主要包括以下 3 种类型^[2]:

(1)上行调度请求(Scheduling Request, SR):向 eNodeB 请求上行 UL-SCH 资源。

(2)HARQ ACK/NACK:对在 PDSCH 上发送的下行数据进行 HARQ 确认。

(3)信道状态信息(Channel State Information, CSI):上报 eNodeB 下行信道质量,用于 eNodeB 下行调度,包括 CQI、PMI、RI 等。

2.2.2 LTE PUCCH 时频资源与复用

PUCCH 在频域上通常被配置在上行系统带宽的边缘。一个 PUCCH 在一个上行子帧内占 14 个 OFDM,在频域上占 12 个子载波。为了提供频域分集、保证上行频谱的连续性,PUCCH 以对角线对称的方式位于可用的频谱资源的两端(2 个 PRB 组成了一个 RB pair,但在频域资源上,称其占一个 RB),而中间的整块频谱资源用于传输 PUSCH,如图 3 所示。

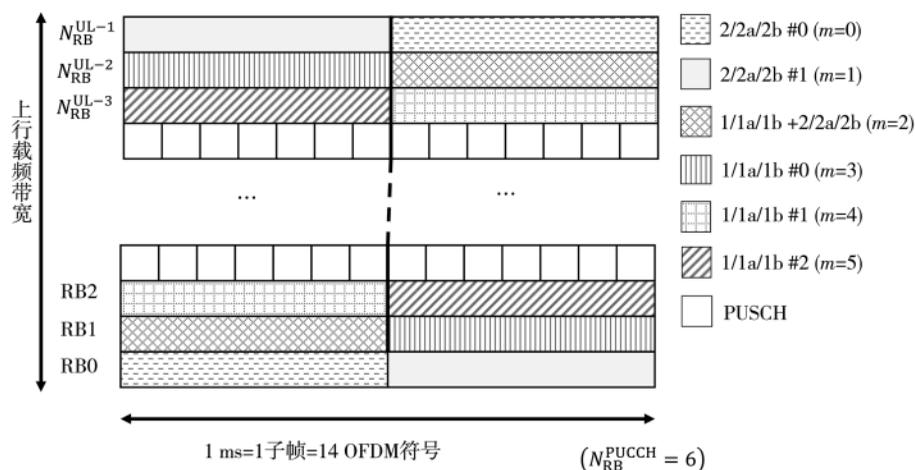


图 3 PUCCH 上行控制结构

为了有效地利用资源,同一小区的多个 UE 可以共享同一个 RB pair 来发送各自的 PUCCH。不同 PUCCH 格式使用不同的正交码分复用(Orthogonal Code Division Multiplexing, CDM)技术,在频域上循环移位(Cyclic Shift),

在时域上用正交序列(Orthogonal Sequence),如表 2 所示。

表 2 LTE PUCCH 格式

| 格式 | 调制方式 | UCI |
|----|-----------|---------------------------------------|
| 1 | / | SR |
| 1a | BPSK | 1 bit ACK/NACK 有无 SR |
| 1b | QPSK | 2 bit ACK/NACK 有无 SR |
| 2 | QPSK | 20 bit CSI |
| 2 | QPSK | 20 bit CSI+1 或 2 bit ACK/NACK(仅扩展 CP) |
| 2a | QPSK+BPSK | 20 bit CSI+1 bit ACK/NACK |
| 2b | QPSK+BPSK | 20 bit CSI+2 bit ACK/NACK |

(1)格式 1 信息量较少,最多 36 个用户复用:频域(12 种频偏)×时域(3 种序列);

(2)格式 2 信息量较多,最多 12 个用户复用:频域(12 种频偏)。

除了格式 1 中的 SR,其他 ACK/NACK/CSI 也可以在 PUSCH 中传输,一个用户有个 PUCCH 之后就不再有 PUSCH。如果要用 PUSCH,要用 SR 请求。

2.2.3 5G NR PUCCH 格式与复用

与 LTE 相比,NR 增加了 Short PUCCH 格式(1~2 符号),可用于短时延场景下快速反馈,在 Long PUCCH 符号数进行了增强(4~14 符号),支持不同 slot 格式下的 PUCCH 传输。NR 的格式与时频信息见协议 38.213 9.2.2 小节,协议中没有明确定义每种 UCI 格式对应的内容,每个用户可以同时配置几组不同的 PUCCH 资源,通过 RRC 和 Resource index 进行配置和指示,包含起始 RB 位置和数量、起始符号数和数量以及长/短格式的 bit 数等信息。

2.3 PRACH 基本原理

2.3.1 PRACH 功能

UE 通过随机接入过程与小区建立连接并取得上行同步,才能被调度进行上行传输,简化随机接入与数据传输过程如图 4 所示。

在发起随机接入之前,基站通过广播 SIB2 发送 RACH-ConfigCommon,包含前导 preamble 的分组、Msg3 大小的阈值、功率配置等信息。UE 发起随机接入时,根据可能的 Msg3 大小以及 pathloss 等,选择合适的 preamble。

(1)UE 通过 PRACH 发送随机接入前导,携带基于竞争的随机接入 GroupA/B 提供先验信息,协助基站了解 msg3 的大致资源需求。

(2)基站收到步骤(1)的消息后,在被调度的 PDSCH 上发送随机接入响应(Random Access Response, RAR)给 UE,内含基站为 UE 分配的 RACH 资源,包括定时提前

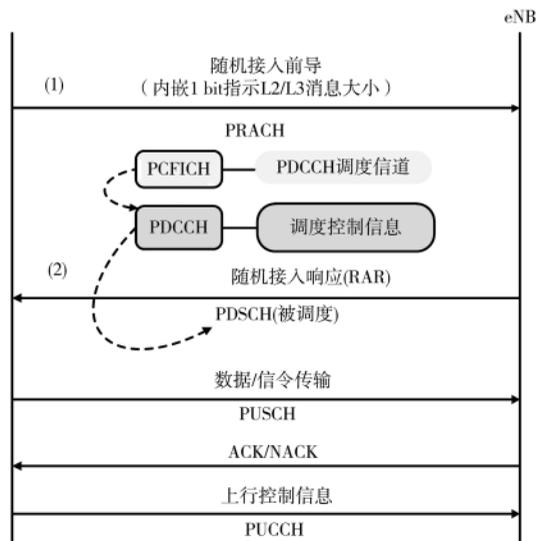


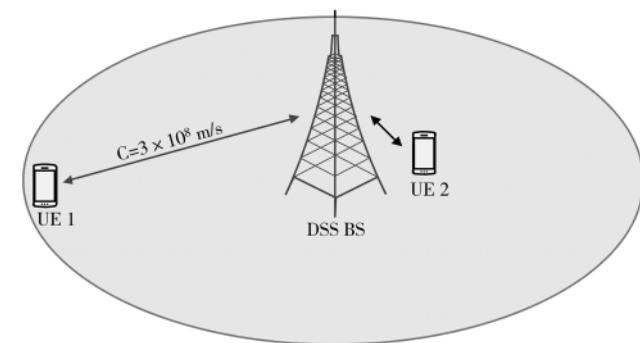
图4 随机接入与数据传输过程

(Timing Advance, TA)、上行授权、用于竞争的 UE ID。UE 需要通过 PCFICH 了解 PDCCH 的符号数,从 PDCCH 中解析出 PDSCH 的调度信息,再解出 PDSCH 中的 RAR。

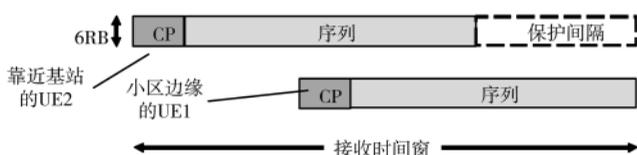
在步骤(2)后,UE 通过 TA 信息可知道与基站之间的时延,完成上行同步并在基站分配的资源上发送信令或数据,再由基站反馈 HARQ(ACK/NACK)等信息。

2.3.2 LTE PRACH 结构及格式

PRACH 的前导序列由循环前缀 CP、前导序列和保护间隔 3 部分组成,如图 5(b)所示。CP 用于对抗符号间干扰;前导由小区根序列生成,UE 选取或基站分配;考虑到 UE 与基站之间的距离与传输时延不同,如图 5(a)所示,PRACH 预留了保护间隔,确保 UE 在响应配置的时间窗内,将前导序列送达基站。当 UE 与基站存在传输时延,UE 侧发送的前导序列后部,将落在基站的时间



(a) 远近 UE 与基站通信场景



(b) 基站接收的 PRACH 前导序列结构

图5 PRACH 时延场景及前导结构

窗之外,空白的保护间隔不会对基站接收其他用户信息造成干扰。通过计算时间间隔落在时间窗外的部分得到 TA,UE 下次传输提前 TA 时间,即可完成同步的上行传输。因此,小区半径越大,配置的保护间隔也越大。

对于 FDD 模式,定义了 4 种 RA 的前导序列格式,如表 3 所示,每种格式由序列持续时间和 CP 定义。保护间隔长度与光速的乘积为最大小区半径的 2 倍。当选择格式 0 时,对应的最大小区半径为 14.533 km,如果 UE 与基站的距离大于 14.533 km 接入时,将会对其他时隙造成干扰。

表3 LTE FDD 随机接入前导格式

| 前导格式 | 时间窗/ms | $T_p/\mu\text{s}$ | $T_{SEQ}/\mu\text{s}$ | 保护间隔/ μs | 最大小区半径/km |
|------|--------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| 0 | 1 | 103.13 | 800 | 96.857 | 14.531 |
| 1 | 2 | 684.38 | 800 | 515.625 | 77.344 |
| 2 | 2 | 203.13 | 1 600 | 196.875 | 29.531 |
| 3 | 3 | 684.38 | 1 600 | 715.625 | 102.65 |

2.3.3 5G NR PRACH 格式与配置

按照 Preamble 序列长度,5G NR 的 PRACH 分为长序列和短序列两类前导。长格式沿用 LTE 设计方案,应用于 Sub 6G 的广覆盖场景。在 R15 中,NR 新增了 9 种短格式,应用于如室分类的小范围覆盖场景,在 Sub 6G 支持 15 kHz、30 kHz 子载波间隔;above 6G 支持子载波间隔 60 kHz、120 kHz^[3]。

3 DSS 中上行物理信道和信号配置方法

本节首先阐述了 DSS 中 SRS、PUCCH、PRACH 的配置原则,并根据现网默认的参数给出了不同业务比例下 4G/5G 时频资源的分配建议。

3.1 DSS 中 SRS 配置

传统 4G LTE 网络对上行信道评估的准确性和实时性要求一般,UE 通过上报 CSI 等信息即可完成上行信道评估。考虑到低频段 20 MHz 的带宽对开销的容忍度较低,关闭 SRS 可避免最大(每个子帧都有 SRS 传输)7%(1/14)的网络开销。在 DSS 部署之前,现网 2.1 GHz 的 SRS 状态为关闭。另一方面,相较于基于终端上报 CSI 的方式获取下行信道质量,SRS 具备更高的准确度和实时性,在波束动态变化的 5G Massive MIMO 场景中,基于信道互易性的波束赋形方案不需要终端进行专门的 PMI 反馈,可实现下行信道质量的实时获取,完成更精确的波束赋形。

由于 FDD 频段上下行信道利用两个对称频段进行通信,频段特性差异较大,无法基于信道互易性使用 SRS 进行下行信道质量评估,SRS 的需求不大。此时,下行瞬时信道通常由用户反馈获得,具体涉及基站向 UE 发送下行导频,UE 进行信道估计并根据码本对信道进行量化,再向信道反馈量化信道。因此,5G FDD NR 面临着下行信道瞬时信息获取难题,MIMO 支持情况和性

能与各厂商及其算法有关。

3.2 DSS 中 PUCCH 配置

PUCCH 的配置原则是在满足 PUCCH 传输要求的情况下,尽量少地分配 PUCCH 占用的 RB 个数。一方面,PUCCH 占用的 RB 个数越多,用于 PUSCH 传输的 RB 个数就越少;另一方面,PUCCH 分配的 RB 个数过少,则可能导致无法在 PUCCH 中反馈 ACK/NACK 的情况。运营商和设备厂家根据当前 LTE/NR 网络对 CSI、ACK/NACK 反馈的需求,对应到各个格式的实际可复用用户数目信息,静态或动态地分配每个格式占用的 RB 数目。在 20 MHz 带宽中,NR 比 LTE 系统多出 6 个 RB 分布在 LTE 带外两侧,每侧各 3 个 RB,建议 NR PUCCH 配置在频段的两侧最外层,尽可能避免与 LTE PUCCH 冲突。此外,建议 NR 的 Initial BWP 配置为全带宽,避免分布在其两侧的 Common PUCCH 造成的上行资源切碎片化。

当 NR RB 数目 ≤ 6 时,NR PUCCH 分布在 LTE 带宽两侧,对 DSS 中 LTE 系统 PUCCH 配置无影响,如图 6(a)所示;当 NR RB 数目 ≥ 6 时,需要 LTE 内移 PUCCH 给 NR 预留 PUCCH 资源。此时,由 NR RB 数目可得 LTE PUCCH RB 起始位置,再根据 LTE RB 数目可得 LTE PUSCH 起始位置,以完成上行 PUCCH 的配置指示,如图 6(b)所示。

参考现网中 2.1 GHz LTE 网络用户载荷和 PUCCH 默认配置数目(8 个 RB,两边各 4 个),在 DSS 部署初期,5G 终端渗透率和用户数量尚不多,两边各 3 个 RB 配置即可满足 NR 用户需求;随着 4G 用户向 5G 用户转化,NR 用户对于 ACK/NACK 和 CSI 的需求增加,LTE 用网需求减少,可逐步减少 LTE 上行物理信道资源的占用并预留给 NR 系统。

3.3 DSS PRACH 配置

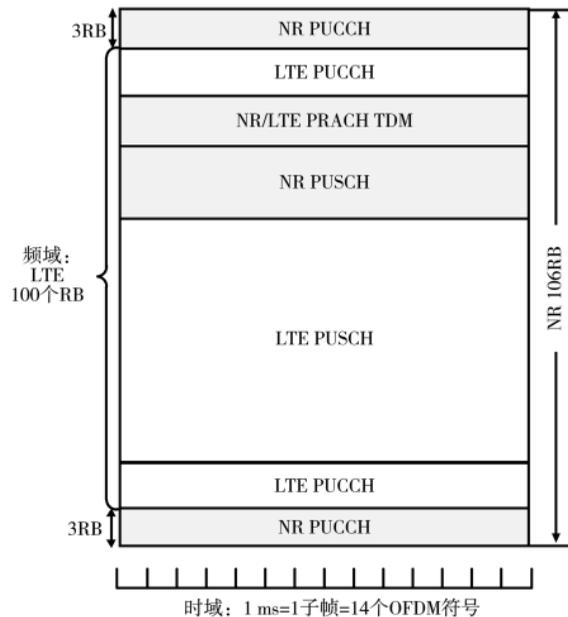
LTE PRACH 的 4 种格式中,较长的序列能获得更大的覆盖范围,但也需要较长的 CP 和保护间隔来抵消相应的往返时间。格式 0 的最大小区半径可达 14 km,满足 2.1 GHz 部署场景下 LTE 基站 400~500 m 的站间距。对于 5G NR 而言,2.1 GHz 低频属于覆盖层,应沿用与 LTE 相同的长格式 0。这种方式下,NR 可以与 LTE 共用 PRACH 频域资源,但各自使用不同的根序列索引,降低 PRACH 造成的碎片化。

在 PRACH 配置索引指示在整个时域上,帧号、子帧号、slot 编号、occasion 编号。由于支持的最短周期为 10 ms,LTE 和 NR PRACH 在时分和频分复用上有足够的灵活性。然而,频分方式将导致 LTE 和 NR PUSCH 的碎片化,不利于上行链路连续传输。根据现网 2.1 GHz PRACH 10 ms 的周期配置,建议 DSS 中 LTE/NR 均以 10 ms 里 1 个或 2 个 RA 进行配置,以时分复用的方式配置在 LTE PUCCH 内侧,共占用 6 个 RB 频域资源。

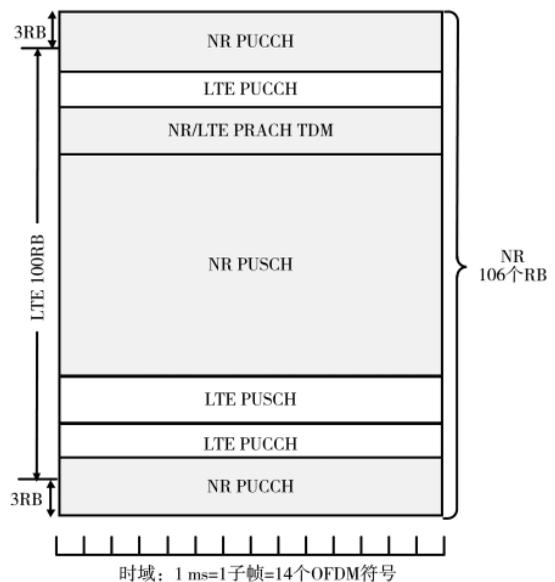
3.4 基于业务比例的 DSS 上行时频资源分配方法

考虑到完全静态的物理层信道配置方式无法匹配

动态的 4G/5G 业务比例,本文提出一种 DSS 上行时频资源分配方法,如图 6 所示。



(a) LTE 业务量较多



(b) NR 业务量增多

图 6 DSS 上行物理信道和信号配置方法

其中,SRS 的开关状态与厂商对 MIMO 的支持情况有关,若使用 MIMO 技术,则配置在时域的最后一个符号。

NR PUCCH 配置在频带最外侧,在 5G 部署初期,终端和用户渗透率不高,建议配置在频段两侧不占用 LTE PUCCH 资源;随着 4G 用户向 5G 用户转化而减少,5G NR 业务量升高,可减少 LTE PUCCH 占用的 RB 资源并预留给 NR。

PRACH 配置在 LTE PUCCH 内侧,NR 与 LTE 均采用格式 0 以时分复用方式共用相同的 PRACH 频域资源,使用不同的根序列索引,降低上行链路资源的碎片化。

4 结论

本文针对 2.1 GHz DSS 场景下的网络建设和上行物理资源分配问题,对 FDD 频段上行 20 MHz 对应的 LTE/NR 时频资源及配置方法进行了对照和梳理,综合考虑当前 LTE 现网负载状况与 5G 部署路线,给出了 DSS 上行物理信道和参考信号配置方案,并对方案的使用方法及配置选项进行了说明。根据各运营商 5G 战略规划,4G/5G 业务分布具备较强的区域性和阶段性,而完全动态的配置对网络和终端的灵敏度要求较高。为避免配置延迟造成的无效传输及过高的能量损耗,建议运营商根据网络建设阶段和区域用网情况,选择一种或两种配置结合的 DSS 上行方案以适应多样和变化的 4G/5G 业务比例。

参考文献

[1] 3GPP TS 38.211.Physical channels and modulation(Release 16)[S].3GPP,2019.

[2] 赛西亚,陶菲克,贝科.LTE:UMTS 长期演进理论与实践[M].马霓,邬钢,张晓博,等,译.北京:人民邮电出版社,2009.
[3] 3GPP TS 38.213.Physical layer procedures for control(Release 16)[S].3GPP,2019.

(收稿日期:2020-07-11)

作者简介:

侯佳(1996-),女,硕士,工程师,主要研究方向:5G、认知无线网络、频谱资源高效管理方法和技术。

胡春雷(1978-),男,本科,工程师,主要研究方向:5G 无线网络关键技术、动态频谱共享等。

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。

(上接第 18 页)

参考文献

[1] 3GPP.3GPP TS 23.501;System architecture for the 5G system V15.2.0[S].2018.
[2] 蔡博文,张化,郭瀚,等.5G 网络演进与双模 5G 基站[J].移动通信,2020,44(4):45-49.
[3] 肖子玉.多模共存的 5G 网络部署关键问题探讨[J].电信工程技术与标准化,2019,32(11):37-41.
[4] 任驰.4G 与 5G 融合组网及互操作技术研究[J].移动通信,2018,42(1):87-90,96.
[5] 刘湘梅,熊力,段潇君,等.4G/5G 多网协同与互操作研究[J].移动通信,2019,43(12):42-47.

[6] 3GPP.3GPP TS 37.340:Evolved universal terrestrial radio access(E-UTRA) and NR V15.7.0(release 15)[S].2019.
[7] 3GPP.3GPP TS 37.340:Evolved universal terrestrial radio access(E-UTRA) and NR V16.1.0(release 16)[S].2020.

(收稿日期:2020-07-11)

作者简介:

郭瀚(1994-),男,硕士,主要研究方向:5G 标准和无线接入新技术等。

赵晓垠(1981-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:无线通信、行业信息化。

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。

(上接第 22 页)

的无线设计做出相应调整,以满足自顶向下的业务切片化部署要求。但是,考虑到空口侧无线资源受频率、地理、人群和业务的影响,无线切片设计已经成为一个极具挑战性的任务,在进行 R17 无线切片增强技术的设计时,需着重考虑真实部署、用户移动性、用户接入控制及新技术兼容等方向的技术突破^[10]。

参考文献

[1] 3GPP RP-191332,Motivation for SI on enhancement of RAN support of network slicing[R].2019.
[2] 3GPP TS 38.300,Technical specification group radio access network;NR;NR and NG-RAN overall description;stage 2 release 15[S].2019.
[3] 3GPP TS 38.331,Technical specification group radio access network;NR;radio resource control(RRC) protocol specification;release 15[S].2019.
[4] 3GPP RP-191209,Motivation for study on enhancement of RAN slicing[R].2019.
[5] 3GPP RP-191210,New SI proposal;study on enhancement

of RAN slicing[R].2019.
[6] 3GPP RP-191778,Email discussion for R17 proposals on slicing[R].2019.
[7] 3GPP RP-192599,Second round email discussion for R17 proposals on slicing[R].2019.
[8] 3GPP RP-191333,New SI proposal;study on enhancement of RAN support of network slicing[R].2019.
[9] 3GPP RP-192601,Motivation for new SI;study on enhancement of RAN slicing[R].2019.
[10] MARSCH P,BULAKCI O,QUESETH O,et al.5G system design; architectural and functional considerations and long term research[M].Johnwiley & Sons,2018.

(收稿日期:2020-06-09)

作者简介:

董秋丽(1986-),女,硕士,工程师,主要研究方向:移动通信无线技术、语音解决方案等。

李静(1983-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:移动通信无线技术、网络切片技术等。

韩潇(1986-),女,硕士,高级工程师,主要研究方向:5G 的标准化和无线接入关键技术。

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