

SL-PRS 资源分配过程研究

Research on Resource Allocation Process for SL-PRS

张建国¹,王 森²,李 伟¹,孙 杰^{3,4},李益锋¹(1. 华信咨询设计研究院有限公司,浙江 杭州 310052;2. 中讯邮电咨询设计研究院有限公司,北京 100048;3. 浙江省质量科学研究院,浙江 杭州 310018;4. 国家城市能源计量中心〔浙江〕,浙江 杭州 310018)

Zhang Jianguo¹,Wang Sen²,Li Wei¹,Sun Jie^{3,4},Li Yifeng¹(1. Huaxin Consulting Co.,Ltd., Hangzhou 310052, China;2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China;3. Zhejiang Institute of Quality Sciences, Hangzhou 310018, China;4. National Urban Energy Metrology Center〔Zhejiang Province〕, Hangzhou 310018, China)

摘 要:

首先介绍了专用SL-PRS资源池的时隙结构,然后分析了专用SL-PRS资源池的SL-PRS资源分配过程,对于SL-PRS资源分配模式1,发射UE通过动态授权、配置的授权类型1或配置的授权类型2,从gNB接收SL-PRS分配信令;对于SL-PRS资源分配模式2,支持基于感知的资源分配和随机资源选择。最后给出了PSCCH的容量,随着SL-PRS资源池带宽的增加,PSCCH可以调度12个SL-PRS资源。

关键词:

专用SL-PRS资源池;时隙结构;资源分配;动态授权;容量

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.08.007

文章编号:1007-3043(2026)08-0037-06

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:

Firstly, slot structure for a dedicated SL-PRS resource pool is introduced. Secondly, the SL-PRS resource allocation process for a dedicated SL-PRS resource pool is analyzed. For scheme 1 SL-PRS resource allocation, a transmitting UE can receive a SL-PRS resource allocation signaling from gNB through a dynamic grant, configured grant type 1 and configured grant type 2. For scheme 2 SL-PRS resource allocation, the sensing-based resource selection and random selection are supported. Finally, PSCCH capacity is calculated, with the increase of the SL-PRS resource pool bandwidth, the PSCCH can schedule 12 SL-PRS resources.

Keywords:

Dedicated SL-PRS resource pool; Slot structure; Resource allocation; Dynamic grant; Capacity

引用格式:张建国,王森,李伟,等. SL-PRS 资源分配过程研究[J]. 邮电设计技术,2026(8):37-42.

1 概述

随着5G技术的发展,直连(Sidelink,SL)技术也在不断向前演进。3GPP Rel-16版本制定了SL通信的规范,主要面向V2X应用,终端间不经过gNB,通过直连链路(PC5接口)进行数据传输,可以实现车辆对车辆

(Vehicle-to-Vehicle, V2V)、车与路(Vehicle-to-Infrastructure, V2I)、车与人(Vehicle-to-Pedestrian, V2P)等直连通信,支持覆盖范围内和覆盖范围外场景。3GPP Rel-17版本针对资源分配模式2,对UE间协调进行了增强。3GPP Rel-18版本制定了SL定位技术,SL通信支持的频率扩展到非授权频率,也支持通过载波聚合技术实现更高的数据传输速率^[1]。

SL定位是通过测量PC5接口上的SL定位参考信号(SL Positioning Reference Signal,SL-PRS),获得UE

通讯作者:李益锋,liyf.hx@chinaccs.cn

收稿日期:2026-07-16

绝对位置、相对位置或测距的定位技术。根据SL目标UE所在位置是否有5G蜂窝网信号,SL定位有覆盖范围内、覆盖范围外和部分覆盖3种场景。SL定位技术支持V2X、公共安全、工业物联网和商业等应用场景^[2]。

SL-PRS传输支持单播、组播和广播,支持gNB为SL-PRS分配资源和UE自主选择SL-PRS资源2种模式^[3]。本文接下来对SL-PRS时隙结构和资源分配过程进行研究。

2 SL-PRS时隙结构

为了支持SL定位和测距,3GPP在Rel-18版本引入了SL-PRS。SL-PRS资源指的是1个时隙内用于SL-PRS传输的时频资源。SL-PRS资源池指的是一组可用于SL-PRS传输和/或接收的时间和频率资源,如果SL-PRS与物理直连共享信道(Physical Sidelink Shared Channel, PSSCH)不在同一个时隙传输,则是专用SL-PRS资源;如果SL-PRS与PSSCH在同一个时隙传输,则是共享SL-PRS资源池^[4]。本文接下来重点分析专用SL-PRS资源池。

对于专用SL-PRS资源池,时隙的开始总是一个自动增益控制(Automatic Gain Control, AGC)符号,为同时隙中第2个符号的完全复制映射,以便于接收UE在接收同时隙的物理直连控制信道(Physical Sidelink Control Channel, PSCCH)之前调整其增益,使放大器在线性工作范围内工作,从而防止信号失真。除此之外,时隙的末尾是一个保护间隔(Guard Period, GP)符号,这样UE就可以在该符号完成发射和接收的转换^[5]。

时隙的中间是PSCCH和SL-PRS, PSCCH在时域占用2个或3个符号,SL-PRS符号数量最大为9个。由于第1阶段直连控制信息(Sidelink Control Information, SCI)中的信息对相关联的SL-PRS解码有用,因此PSCCH应占据时隙的前几个符号。为了解决PSCCH和SL-PRS的不同发射功率造成的AGC问题,还须在PSCCH与相邻的SL-PRS资源之间设置AGC符号,SL-PRS资源之前的AGC符号不被视为SL-PRS资源本身的一部分。PSCCH和SL-PRS之间的AGC通过复制SL-PRS的最后一个符号来创建,这样做有2个原因:第一,由于AGC符号主要用于接收机射频链路的动态范围调整,复制最后一个符号可以使AGC正常工作;第二,通过将AGC符号设置为与最后一个SL-

PRS符号相同,有助于相位跟踪,可以更精确地估计多普勒频移,特别是对于V2X场景,车载UE的速度可达250 km/h,当2个车载UE在不同方向行驶时,相对速度可达500 km/h,如果不估计和补偿多普勒频移,多个SL-PRS符号的相干合并将会带来问题^[6]。

专用SL-PRS资源池的时隙结构如图1所示。接下来,分别对SL-PRS带宽、SL-PRS资源、PSCCH和相关联的SL-PRS的映射规则进行分析。

对于基于时间的定位方法,定位精度与带宽密切相关,更大的带宽可以带来更高的定位精度;对于基于角度的定位方法,带宽不是影响定位精度的关键因素,当定位精度要求不高时,可以使用较小的带宽来节省频率资源,并获得功率提升增益。对于专用SL-PRS资源池,SL-PRS带宽与专用SL-PRS资源池的带宽相同,通过无线资源控制(Radio Resource Control, RRC)信令配置具有不同带宽的多个专用SL-PRS资源池,以适应具有不同定位精度要求的各种用例和场景,且由于无须在第1阶段SCI中包括频率资源分配字段,因此信令开销显著减少^[7]。

对于SL定位,UE通过接收SL-PRS进行参数估计,由于不同UE的SL-PRS既可以实现基于时分的复用,也可以实现基于梳状的复用,因此以SL-PRS资源作为分配粒度。与SL-PRS资源相关联的参数包括SL-PRS的资源ID、SL-PRS梳状偏移和相关联的SL-PRS梳状尺寸、SL-PRS起始符号和SL-PRS符号数量等。在专用SL-PRS资源池中,一个时隙内的SL-PRS资源由SL-PRS资源ID唯一标识,一个SL-PRS资源池内最多可以有12个SL-PRS资源^[8]。

PSCCH和相关联的SL-PRS的映射规则是同一个时隙内的PSCCH和相关联的SL-PRS资源具有一对一的映射关系,PSCCH的数量和SL-PRS资源的数量相同,当SL-PRS资源被保留时,相关联的PSCCH资源也将被保留。其具体方法是在频域中划分多个不重叠的子信道,每个PSCCH映射到一个子信道上,第 i 个子信道和第 i 个SL-PRS资源ID相关联,PSCCH的数量可以根据同一时隙中SL-PRS资源的数量来确定,图1给出了PSCCH和SL-PRS的映射关系。当专用SL-PRS资源池内有4个SL-PRS资源时,专用SL-PRS资源池可以配置4个子信道;当专用SL-PRS资源池内有2个SL-PRS资源时,专用SL-PRS资源池可以配置2个子信道,UE根据频域中第1个PSCCH的起始位置和子信道的带宽,直接确定每个PSCCH资源的频域位

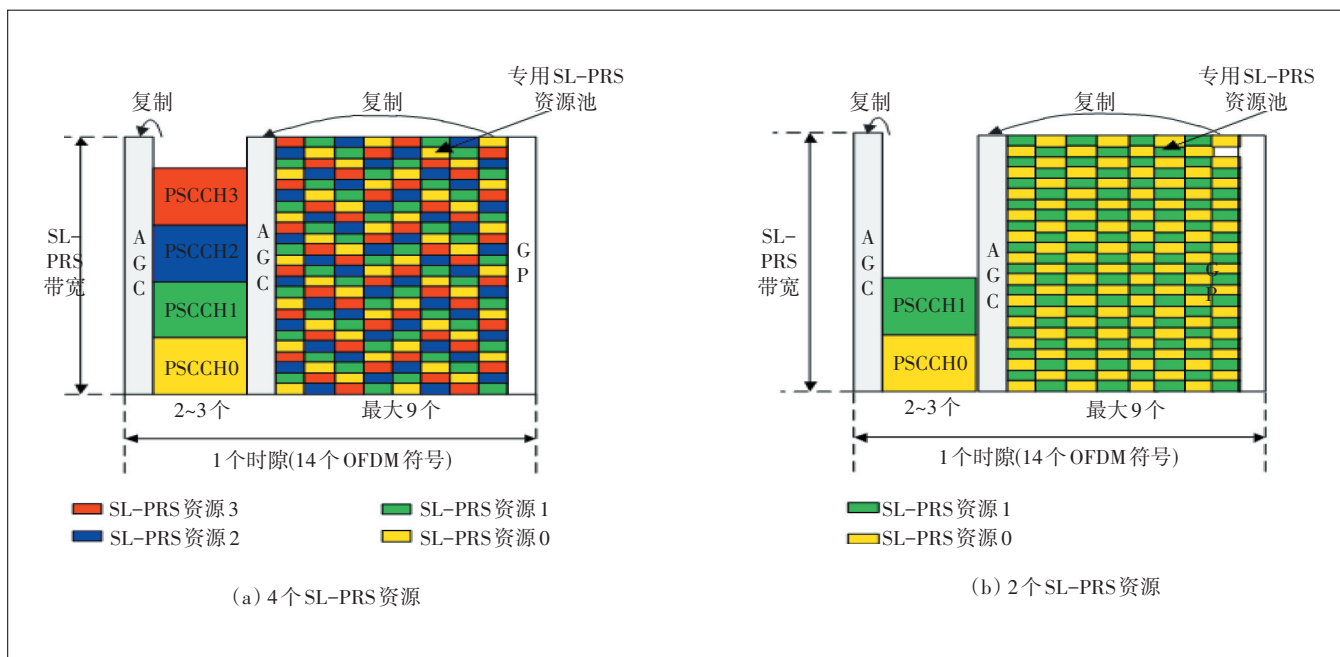


图1 专用SL-PRS资源池的时隙结构

置。UE在每个SL-PRS资源对应的PSCCH的频域位置上监听PSCCH,以感知和保留SL-PRS资源,该方法可以降低UE资源感知的复杂性,并避免不同UE的PSCCH发生冲突^[9]。

3 SL-PRS资源分配过程

SL-PRS资源分配模式包括资源分配模式1(简称“模式1”)和资源分配模式2(简称“模式2”)2种。模式1是以网络为中心的SL-PRS资源分配模式,gNB控制SL-PRS传输的资源分配;模式2是UE自主选择SL-PRS资源的分配模式。对于专用SL-PRS资源池,应支持模式1和模式2,且支持周期性、半持续性、非周期性SL-PRS传输。对于覆盖范围内和部分覆盖场景,由于至少有1个UE在5G蜂窝网覆盖范围内,因此可以应用模式1和模式2;对于覆盖外场景,只能应用模式2。与模式2相比,模式1可以降低SL-PRS资源冲突的概率,提高SL-PRS传输的可靠性。

3.1 SL-PRS资源分配模式1

在模式1中,SL UE处于gNB的覆盖范围内,SL UE需要先通过NR Uu接口和gNB建立RRC连接,然后由gNB为SL-PRS分配资源。gNB使用动态授权、配置的授权类型1和配置的授权类型2为SL-PRS传输分配资源。对于动态授权,服务gNB通过DCI格式3_2向SL UE分配非周期性SL-PRS传输资源,SL UE使用

SCI格式1-B调度专用SL-PRS资源池上的SL-PRS;对于配置的授权类型1,gNB通过RRC信令向UE提供SL-PRS传输参数,包括SL-PRS时频资源和周期性,一旦正确接收到SL-PRS配置的RRC信令,UE将根据接收到的参数发射SL-PRS;对于配置的授权类型2,gNB通过RRC信令为UE配置周期性的SL-PRS传输资源,并通过DCI格式3_2激活或停用SL-PRS传输。本文接下来重点分析动态授权。

动态授权调度SL-PRS传输示意如图2所示。gNB动态分配PC5接口上的SL-PRS资源,具体包括以下几个步骤。

第1步:gNB通过系统消息SIB23或RRC重配置流程,把专用SL-PRS资源池配置信息发送给SL UE,专用SL-PRS资源池配置信息包括PSCCH配置、时间与频率资源、专用SL-PRS资源列表等信息。除此之外,SL-PRS资源池配置也包括模式2需要的配置信息,包括优先级、L1-RSRP阈值、资源感知窗口、资源选择窗口列表、SL-PRS资源预留的最大数量、SL-PRS资源预留周期列表等。

第2步:gNB在PDCCH上,通过DCI格式3_2向SL UE分配非周期性SL-PRS传输资源,DCI格式3_2包括资源池索引、时间间隔、第1个SL-PRS指示、SCI格式1-B字段(包括时间资源指配和资源ID指示)、配置索引、激活/释放指示等信息,其中后2个字段主要

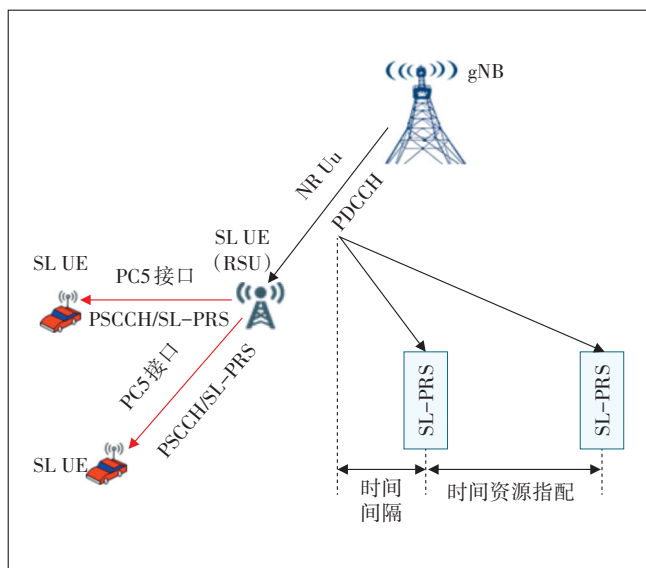


图2 动态授权调度SL-PRS传输示意

用于配置的授权类型2^[10]。

第3步:SL UE根据接收到的DCI格式3_2信息,在PC5接口上发送PSCCH和SL-PRS。PSCCH承载的SCI格式1-B用于调度SL-PRS,SCI格式1-B包括优先级、源ID、目的ID、播类型、资源预留周期、时间资源指配、资源ID指示、SL-PRS请求、预留等字段。

为了提高调度效率,gNB可以在一次动态授权上分配1次、2次或3次SL-PRS传输,gNB通过DCI格式3_2里面“时隙间隔”字段确定DCI接收和第1次SL-PRS传输之间的时间间隔;通过“时间资源指配”字段(内嵌在SCI格式1-B中)确定第1次SL-PRS传输、第2次SL-PRS传输、第3次SL-PRS传输之间的时间间隔^[11]。

3.2 SL-PRS资源分配模式2

SL-PRS资源分配模式2支持基于感知的资源分配和随机资源选择2个方案。基于感知的资源分配通过尽可能避免资源冲突来实现可靠的定位,但由于感知操作,其功耗和复杂性较高;对于随机资源选择,由于不需要感知操作,功耗和复杂性较低,更适合电池容量有限的设备,但可能会导致资源冲突。本文接下来重点分析基于感知的资源分配方案。

基于感知的SL-PRS资源分配流程如图3所示^[12]。

基于资源感知的SL-PRS资源分配的核心是资源感知和资源排除,即图3中的步骤⑦。资源感知是通过感知机制确定其他UE的SL-PRS资源占用情况;资源排除是根据资源感知的结果,排除资源选择窗口内

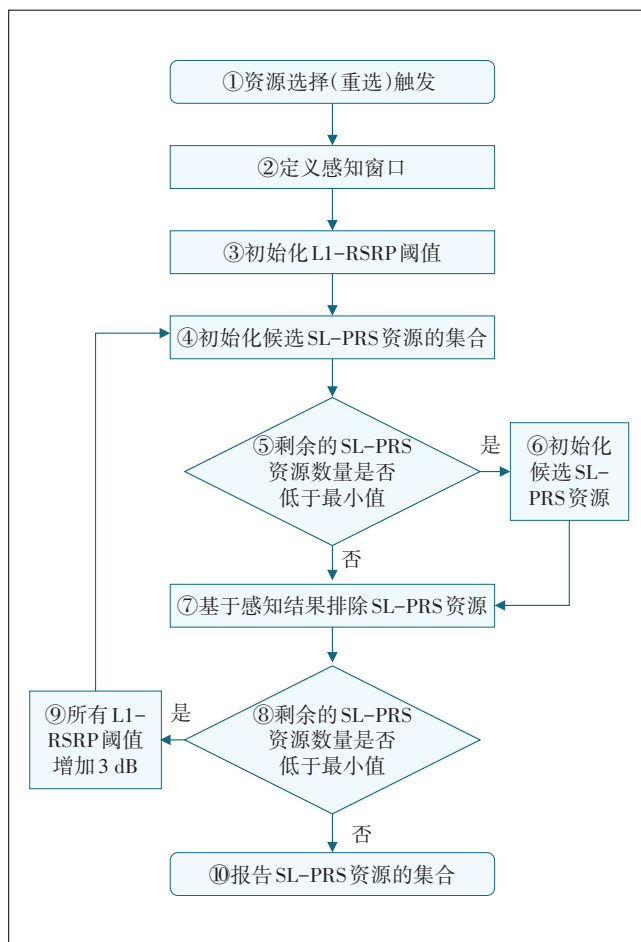


图3 基于感知的SL-PRS资源分配流程

不能用于SL-PRS传输的资源。基于感知结果排除SL-PRS资源的具体过程如下:对于资源选择窗口内的SL-PRS资源,UE首先测量其他UE预留的SL-PRS资源的L1-RSRP值,并与对应的L1-RSRP阈值进行比较,如果预留资源的L1-RSRP测量值高于L1-RSRP阈值,则将其排除在外。

UE需要通过测量参考信号以获得L1-RSRP,UE测量的参考信号有SL-PRS和PSCCH的解调参考信号(Demodulation Reference Signal, DM-RS)2个选项。测量SL-PRS的优点是结果更准确,这是因为SL-PRS通常具有更大的带宽;其缺点是会引入更多的处理时延,这是因为UE必须首先成功解码PSCCH以获得与SL-PRS相关联的PSCCH上的CRC,然后再测量SL-PRS的L1-RSRP,除此之外,由于隐私的问题,SL-PRS不能总是被所有UE接收。测量PSCCH的DM-RS的优点是复杂性和功耗更低,这是因为UE在接收SCI的同时执行PSCCH DM-RS的L1-RSRP测量;根据评估

结果,测量 PSCCH DM-RS 也可以为感知提供足够的精度。为了最大限度地减少对现有规范影响,UE 通过测量 PSCCH 的 DM-RS 获得 L1-RSRP 以进行资源排除^[13]。

L1-RSRP 阈值可以在每个专用 SL-PRS 资源池中配置,如果 SCI 中指示了 SL-PRS 的优先级,则应根据解码 SCI 中的优先级和要传输的 SCI 中的优先权来选择阈值。当剩余可选 SL-PRS 资源比例大于等于资源选择窗口内 SL-PRS 总资源的 $X\%$ 时(X 的取值是 20、35 或 50),资源排除过程结束;当剩余可选资源比例小于 $X\%$ 时,所有 L1-RSRP 的阈值增加 3 dB,直到满足可选资源比例大于等于 $X\%$ 时,完成资源排除过程。

基于感知的 SL-PRS 资源分配示意如图 4 所示^[14]。

在图 4 中,资源感知窗口取值是 100 ms 或 1 100 ms。100 ms 适用于非周期性资源预留,1 100 ms 适用于周期性资源预留;资源选择窗口的取值可以为 1 ms、5 ms、10 ms、20 ms。SL-PRS 资源预留周期的取值可以为 0 ms、100 ms、160 ms、200 ms、300 ms、320 ms、400 ms、500 ms、600 ms、640 ms、700 ms、800 ms、900 ms、1 000 ms、1 280 ms、2 560 ms、5 120 ms、10 240 ms;或者取值为 1~99 ms^[15]。

UE 根据资源感知结果报告候选 SL-PRS 资源,然后 UE 在报告的候选 SL-PRS 资源中选择 SL-PRS 资源。UE 可以在资源选择窗口中优先选择以时分方式

复用的 SL-PRS 资源,如果此类 SL-PRS 资源的数量不足,UE 可以进一步考虑选择以频分方式复用的 SL-PRS 资源。UE 选择好 SL-PRS 资源后,在 PSCCH 上使用 SCI 格式 1-B 调度专用 SL-PRS 资源池上的 SL-PRS。

4 PSCCH 容量分析

模式 1 通过 gNB 分配 SL-PRS 资源后,模式 2 基于感知分配或随机选择 SL-PRS 资源后,都需要在 PSCCH 上使用 SCI 格式 1-B 调度专用 SL-PRS 资源池上的 SL-PRS。本文接下来对 PSCCH 的容量进行分析。

对于专用 SL-PRS 资源池,SL-PRS 总是占用资源池内的所有带宽,不需要分配物理资源块(Physical Resource Block, PRB)的字段,因此 SCI 格式 1-B 的尺寸很小且相当恒定。SCI 格式 1-B 主要包括以下信息:优先级(3 bit)、源 ID(12 或 24 bit)、目的 ID(24 bit)、播类型(单播、组播、广播)指示(2 bit)、资源预留周期(最大 4 bit)、时间资源指配(最大 9 bit)、资源 ID 指示(最大 5 bit)、SL-PRS 请求(最大 1 bit)、预留字段(0~20 bit)。综上所述,如果不考虑预留字段,SCI 格式 1-B 最多包含 72 bit 的信息,加上 24 bit 的 CRC,SCI 格式 1-B 最多包含 96 bit;如果预留字段是 20 bit,则 SCI 格式 1-B 最多包含 116 bit。SCI 格式 1-B 属于控制信令,信

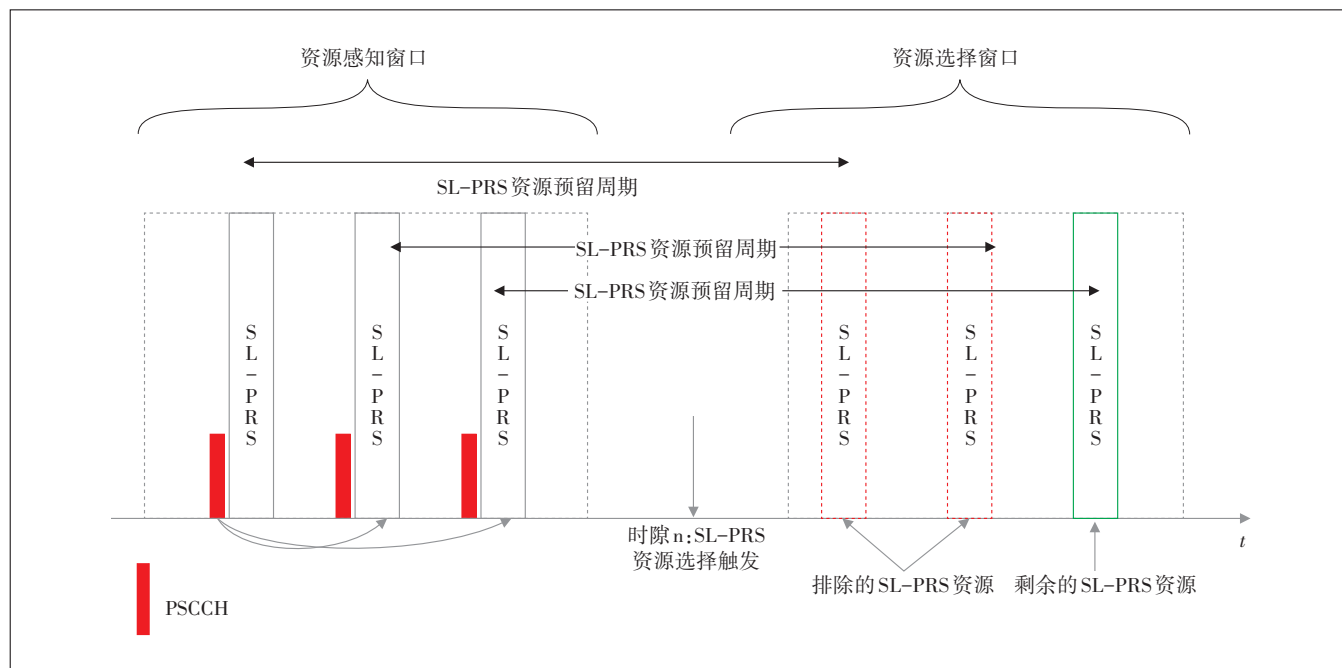


图 4 基于感知的 SL-PRS 资源分配示意

道编码速率是 0.26,信道编码后共计有: $\lceil 116/0.26 \rceil = 447$ bit。

PSCCH在频域上以子信道为分配单位,子信道的尺寸是10、12、15、20或25个RB。1个RB上有12个资源单元(Resource Element, RE),其中3个RE用于DM-RS,剩余的9个RE用于PSCCH。当PSCCH在时域上分配2个或3个OFDM符号时,1个RB上可用的RE数分别是 $9 \times 2 = 18$ 个或 $9 \times 3 = 27$ 个,采用QPSK调制,可以传递36或54 bit的信息。

当PSCCH在时域上占用2个OFDM符号时,所需要的RB数为: $\lceil 447/36 \rceil = 13$ 个,对应的子信道尺寸是15;当PSCCH在时域上占用3个OFDM符号时,所需要的RB数为: $\lceil 447/54 \rceil = 9$ 个,对应的子信道尺寸是10。

不同SL-PRS资源池带宽和子载波间隔(Sub-Carrier Spacing, SCS)的子信道数量如表1所示。

表1 不同SL-PRS资源池带宽和SCS的子信道数量

SL-PRS资源池带宽/MHz	子载波间隔/kHz	最大的RB数/个	PSCCH子信道数量/个	
			2个OFDM	3个OFDM
20	15	106	7	10
	30	51	3	5
	60	24	1	2
40	15	216	14	21
	30	106	7	10
	60	51	3	5
100	30	273	18	27
	60	135	9	13

从表1可以看出,对于20 MHz带宽的SL-PRS资源池,PSCCH的子信道数量最多是10个,无法调度12个SL-PRS资源,PSCCH容量成为限制SL-PRS资源数量的瓶颈。对于40 MHz带宽的SL-PRS资源池,当SCS=15 kHz时,PSCCH的子信道数量分别是14个和21个,完全可以调度12个SL-PRS资源,在其他情况下,则无法调度12个SL-PRS资源。对于100 MHz的SL-PRS资源池带宽,除了SCS=60 kHz,PSCCH占用2个OFDM符号外,其他情况下PSCCH子信道数量都超过了12个,完全可以调度12个SL-PRS资源。

5 结束语

SL定位技术在V2X、公共安全、工业物联网和商业等场景具有广阔的应用前景,随着5G-Advanced的规模部署,SL定位技术将逐步得到广泛应用。本文给

出了SL-PRS时隙结构和SL-PRS资源分配过程,并对PSCCH的容量进行了分析,在实际部署时,可以根据专用SL-PRS资源池带宽和PSCCH容量,合理确定SL-PRS资源的数量,以尽可能地利用专用SL-PRS资源池的带宽资源,提高SL定位精度。

参考文献:

- [1] 张建国,周海骄,杨东来,等. 面向5G-Advanced的关键技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2024.
- [2] 3GPP TR 38.859 Study on expanded and improved NR positioning [S].
- [3] 3GPP TS 38.300 NR; NR and NG-RAN overall description; stage-2[S].
- [4] 3GPP TS 38.214 NR; physical layer procedures for data[S].
- [5] 3GPP TS 38.211 NR; physical channels and modulation[S].
- [6] 3GPP R1-2306494 Finalizing SL-PRS design, Huawei, HiSilicon [R/OL]. 2023-08-11. <https://www.3gpp.org>.
- [7] 3GPP R-2301561 Discussion on resource allocation for SL positioning reference signal, DENSO CORPORATION [R/OL]. 2023-02-18. <https://www.3gpp.org>.
- [8] 3GPP R1-2304929 Discussion on resource allocation for SL positioning reference signal [R/OL]. 2023-05-15. <https://www.3gpp.org>.
- [9] 3GPP R1-2304623 Discussion on SL-PRS resource allocation, Huawei, HiSilicon [R/OL]. 2023-05-15. <https://www.3gpp.org>.
- [10] 3GPP TS 38.212 NR; Multiplexing and channel coding[S].
- [11] 3GPP R1-2303278 Discussion on resource allocation for SL positioning reference signal [R/OL]. 2023-04-07. <https://www.3gpp.org>.
- [12] 3GPP R1-2300954 On resource allocation for SL positioning, intel corporation [R/OL]. 2023-02-18. <https://www.3gpp.org>.
- [13] 3GPP R1-2303597 Resource allocation for SL-PRS, qualcomm incorporated [R/OL]. 2023-04-07. <https://www.3gpp.org>.
- [14] 3GPP R1-2300459 Discussion on resource allocation for SL positioning reference signal, vivo [R/OL]. 2023-05-15. <https://www.3gpp.org>.
- [15] 3GPP TS 38.331 Radio resource control (RRC) protocol specification[S].

作者简介:

张建国,毕业于南京邮电学院,正高级工程师,一级注册建造师,硕士,主要从事无线网络的规划和设计工作;王森,高级工程师,注册咨询师,硕士,主要从事运营商移动通信网络规划和解决方案研究工作;李伟,毕业于浙江大学,高级工程师,主要从事运营商核心网络规划和研究工作;孙杰,毕业于浙江大学,高级工程师,硕士,主要从事无线电计量工作;李益锋,毕业于浙江工业大学,高级工程师,主要从事无线网络的规划与设计工作。