

未来移动通信论坛

会议名称：联合车联网工作组会议

会议地点：北京

会议时间：2021 年 6 月 3 日

题目：5G NR-V2X PC5 直连通信候选频段和兼容性研究-RLAN

来源：高通无线通信技术（中国）有限公司

目的：讨论并采纳

联系人：王婷，高路

邮箱：tiw@qti.qualcomm.com; lgao@qti.qualcomm.com

附件

5G NR-V2X PC5 直连通信候选频段和兼容性研究

1 引言

关于用于 V2X 应用的频谱，可分为“基本安全应用”和“先进汽车应用”两类频谱。工信部于 2018 年 11 月颁布《车联网（智能网联汽车）直连通信使用 5905-5925 MHz 频段的管理规定》，规划 5905-5925 MHz 频段作为基于 LTE-V2X 技术的车联网（智能网联汽车）直连通信的工作频段，主要用来满足基本安全应用的频谱。5G NR-V2X 直连通信还需要额外频率用于先进汽车应用。3GPP 已经在 2020 年 6 月完成 R16 版本 5G NR-V2X 的系列标准。

C-V2X 通信作为车辆中其他本地传感器的补充而被广泛接受，通过提供 360 度 NLOS 感知，扩展车辆检测更远道路的能力，尤其在盲点交叉路口或恶劣天气状况下，更能体现其相对本地传感器的优势。5G NR-V2X 技术可以进一步实现和增强多维度自动化，例如感知、规划、定位、意图共享（ADAS）和传感器信息等。5G NR-V2X 将与 LTE-V2X 共存，并针对不同的应用服务。LTE-V2X 将提供基本的安全服务，而基于 5G NR-V2X 将提供先进应用支持自动驾驶。

5.9 GHz 作为 ITU-R 全球范围以及区域性融合的 ITS 频谱，可以为 C-V2X 和相关 ITS 业务发展带来规模经济效益。在 5.9GHz 已经分配了 LTE-V2X、固定卫星业务和固定业务，5850MHz 以下存在无线接入业务以及短距离微功率等。因此，需要结合频率需求、已有频率分配和使用情况，开展相应的同频与邻频共存和兼容性研究，以支持近期和中期的 C-V2X 技术演进和自动驾驶频率需求。

如果未来发展出在密集交通密度下需要超高数据速率的先进汽车应用，则还需要研究新的候选频率范围。对于其他可能的候选频段，也可以开展调研，考虑重新规划的可能性，建议结合已有频率分配和使用情况开展相应的同频和邻频共存与兼容性研究，用来支持长期的 C-V2X 技术演进和远期汽车行业超高数据速率的先进应用需求。

2 NR-V2X 技术概述

3GPP C-V2X 的标准化工作从 LTE V2X 标准制定（Release 14）开始，逐步演进到 NR-V2X（Release 16，2020 年 7 月冻结）。V2X 通过技术演进实现了应用场景的扩展，从最初的信息服务阶段到辅助驾驶应用再到面向自动驾驶的高级应用。Release 14 LTE V2X 主要以基本安全类应用为主，Release 16 NR V2X 则可支撑面向自动驾驶的高级应用，典型应用场景包括意图共享、感知共享、车辆编队、协同驾驶、远程驾驶等。NR V2X 通过增强的技术特性满足上述高级应用在复杂环境中对可靠性、数据率、延时等关键指标的要求。NR V2X 支持基于 PC5 接口的终端直通的通信方式，以及基于 Uu 接口的网络通信模式。终端直通（PC5）是 V2X 的主要工作模式，可脱离网络设备覆盖正常运行，对于车联网通信是相对实用的工作方式。

NR V2X 是 LTE V2X 技术增强和补充，并在将来很长一段时间，与 LTE V2X 共存并针对不同用例提供服务。Release 16 的设计支持 NR V2X 的终端在 LTE 网络中正常运行以及 LTE V2X 终端在 NR 网络中正常工作。如下图所示，终端设备中配备了 LTE V2X 模块和 NR V2X 模块。LTE V2X 模块用于支持基本安全类业务，NR V2X 模块则用于面向自动驾驶的高级应用。

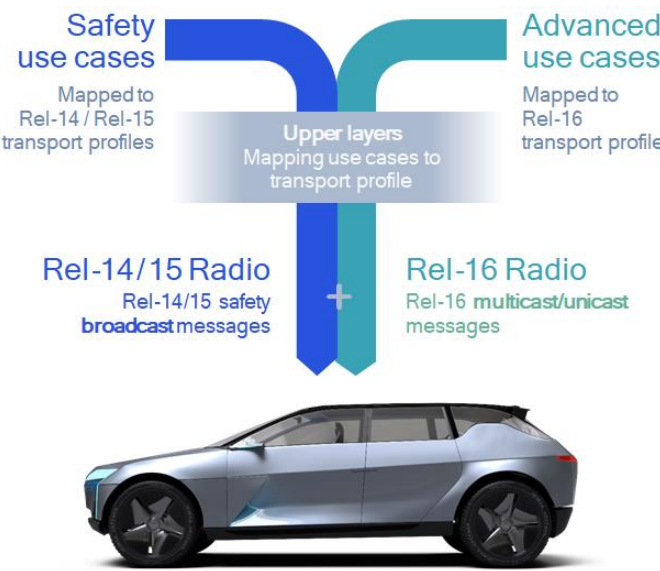


图 2-1 NR V2X 与 LTE V2X 设备内共存

NR V2X 作为 LTE V2X 的技术演进，通过对关键技术的增强设计，为高层业务提供更加高效、灵活和可靠的传输。相对于 LTE V2X，NR V2X 的技术增强包括灵活的帧结构设计（多种子载波间隔、DMRS 密度），增强信道编码技术、HARQ 反馈等。

表 2-1 NR V2X 增强

功能	LTE V2X	NR V2X
HARQ 反馈	无	HARQ ACK/NACK 反馈
Sidelink 同步	可选	必选
子载波间隔	15KHz	15KHz, 30KHz, 60KHz,120KHz
时隙长度	1ms	1ms, 500us, 250us,125us
空分复用	无	2 layers
SPS 调度	100/50/20ms 和 n*100ms	[1...100] ms 和 n*100ms
传输模式	广播	广播、组播、单播
编码	TBCC 和 Turbo	LDPC 和 Polar
HARQ 重传次数	盲重传，最多 2 次（包括初传）	最高 32 次（包括初传）

车载信息联盟与未来移动通信论坛 V2X 联合工作组在 2020 年已发布白皮书，就 NR-V2X 关键进行进行介绍。本研究报告主要集中在 NR V2X PC5 直连通信候选频段和兼容性研究。

3 NR-V2X 候选频段分析

在 CCSA 的 NR-V2X 直连通信频谱需求研究报告，以及车载信息联盟与未来移动通信论坛 V2X 联合工作组已发布白皮书中，对 NR-V2X 的频谱需求进行了评估。评估结合目前 5G NR-V2X 直连通信用例假设、系统参数假设、业务参数假设和可靠性要求，研究了广播模式以及组播模式的业务建模以及频谱需求。研究中指出，需要 40 MHz 频谱来支持不同传感器融合、路径规划算法以及群组通信的自动驾驶。

5.9 GHz 作为 ITU-R 全球范围以及区域性融合的 ITS 频谱，可以为 C-V2X 和相关 ITS 业务发展带来规模经济效益。在 5.9GHz 中除了分配用于 LTE-V2X 提供基本安全业务的 20 MHz 频率，应额外至少预留 40MHz，用于支持近期部署的采用基于 5G NR-V2X 直连通信（广播模式、组播模式以及单播模式）的自动驾驶技术。

但是 5.9 GHz 频率仅有 75MHz，因此用这个频率范围可能不足以支持高数据速率的应用。因此，全球范围还需要研究新的候选频率范围。

4 5.9 GHz 频段共存兼容性研究

在 5.9GHz 已经分配了 LTE-V2X、固定卫星业务和固定业务，5850MHz 以下存在无线接入业务以及短距离微功率等，具体分配情况如图。本章节结合频率需求、已有频率分配和使用情况，开展 5.9 GHz 相应的同频与邻频共存和兼容性研究。

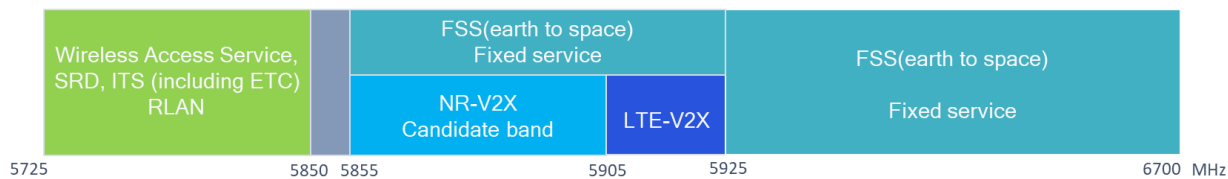


图 4-1 5.9GHz 频谱分配情况

具体的共存兼容性研究包括如下内容：

- 1) NR-V2X 和 LTE-V2X 邻频共存
- 2) NR-V2X 和无线局域网（RLAN）邻频共存
- 3) NR-V2X 和固定卫星业务（FSS）同频和临频共存
- 4) NR-V2X 和固定业务（FS）同频和临频共存

4.1 NR-V2X 与 LTE-V2X 的共存

4.1.1 系统参数

1) NR-V2X 系统参数

表 4.1.1-1 NR-V2X 系统参数

系统参数	数值
带宽和子载波间隔	40 MHz, 30 kHz
业务模型 传感器共享信息	数据包大小: 1200 Bytes 数据包发送频率为 10Hz, 即每 100ms 发送一次 数据激活比例: 50%
仿真环境	城区、高速 (6 车道)
车辆模型	城区: 60km/h, TTC = 2 s. 高速: 70km/h, TTC = 2 s.
天线模型	1Tx 2Rx, 全向天线, 3 dBi 天线增益
发送功率	23 dBm (峰值 EIRP) 对采用 CP-OFDM 和 16QAM, 有额外 2.5 dB 功率回退 ; 对采用 CP-OFDM 和 64QAM, 有额外 4.5 dB 功率回退
噪声系数 (NF)	9 dB
最大重传次数	最多 4 次, 1 次出传和最多 3 次 HARQ 重传
DMRS symbol	[4, 10]
带内杂散	{W, X, Y, Z} = {3, 6, 3, 3}
性能指标	Tx-Rx distance vs. PRR (Packet Reception Ratio) 城区: 通信距离 60 米处满足 PRR 不小于 95% 要求 [TBD] 高速: 通信距离 200 米处满足 PRR 不小于 95% 要求 [TBD]

2) LTE-V2X 系统参数

表 4.1.1-2 LTE-V2X 系统参数

系统参数	数值
带宽和子载波间隔	20 MHz, 15 kHz
业务模型 基本安全信息	数据包大小: 190Bytes, 300Bytes
仿真环境	城区、高速 (6 车道)
车辆模型	TTC = 2 s.

天线模型	1Tx 2Rx, 全向天线, 3 dBi 天线增益
发送功率	23dBm, 有额外 2dB 功率回退
噪声系数 (NF)	9 dB
DMRS symbol	固定 4 列导频
带内杂散	{W, X, Y, Z} = {3, 6, 3, 3}
性能指标	Tx-Rx distance vs. PRR (Packet Reception Ratio) 城区: 通信距离 50 米处满足 PRR 不小于 95% 要求 高速: 通信距离 320 米处满足 PRR 不小于 80% 要求

3) 仿真拓扑

- 高速场景: 双向六车道

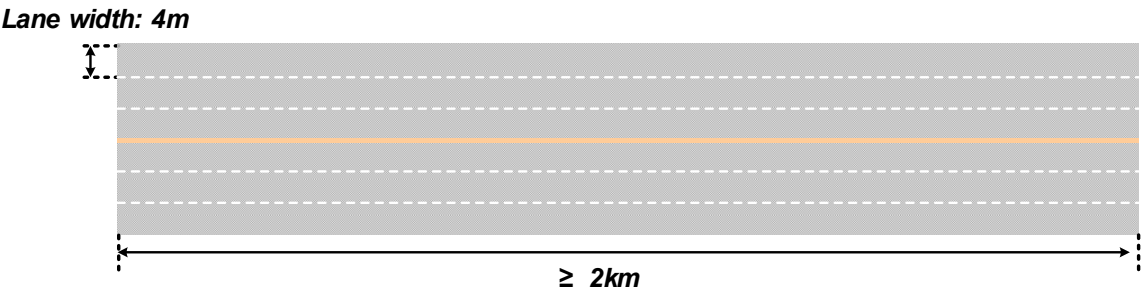


图 4.1.1-1 高速场景拓扑

- **城区场景：** 仿真的城区拓扑参考 38.886，街区大小为 3*433m, 3*250m。

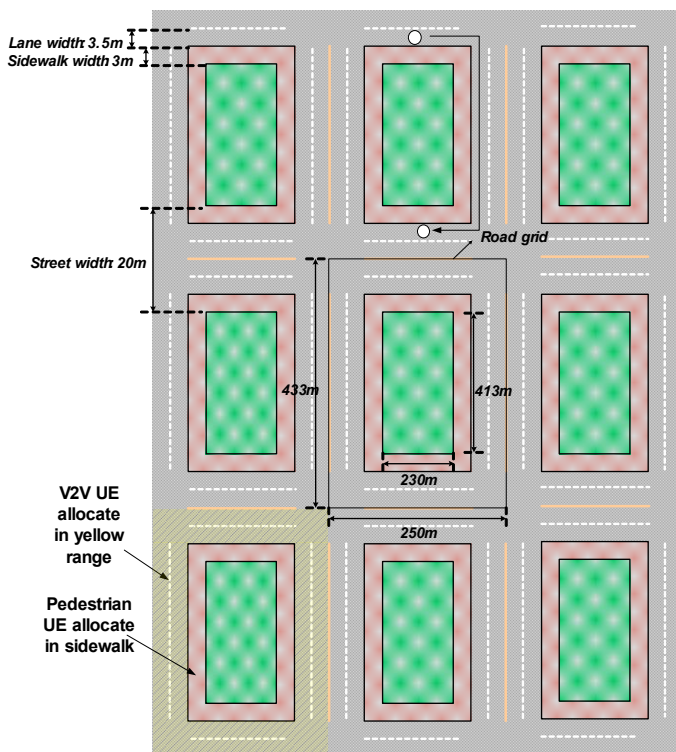


图 4.1.1-2 共存仿真城区拓扑图

4) ACIR 的计算

ACIR 根据干扰系统 ACLR 与被干扰系统 ACS 指标计算获得，ACIR 计算公式为

$$ACIR^{-1} = ACLR^{-1} + ACS^{-1}$$

干扰方和被干扰方采用不同的带宽，因此需要采用非对称带宽的 ACIR 计算方式。假设 LTE-V2X 每个用户有 4MHz 的带宽，NR-V2X 每个用户有 12MHz 的带宽。具体的频域资源分配方式如下图所示。基于此种假设，对非对称带宽的 ACIR 计算进行示例解释。

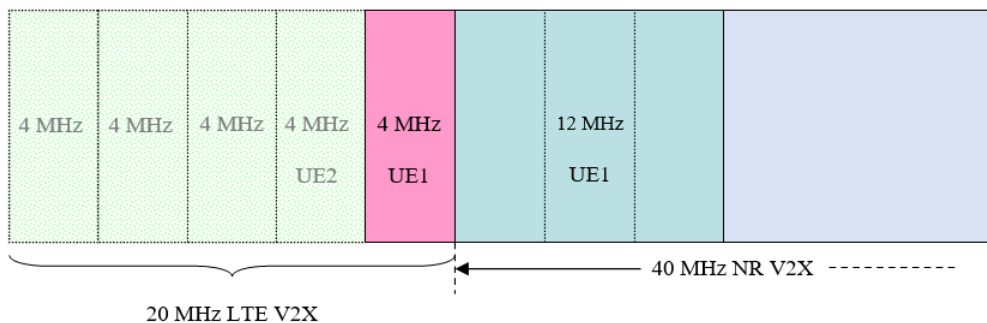


图 4.1.1-3 ACIR 计算示意图

- **NR-V2X 干扰 LTE-V2X**

这种情况下，干扰方有更大的带宽，参照 36.942 的 5.1.1.4.1 章节，3 个临近 NR-V2X 用户的 LTE-V2X 用户的 ACLR 值为 $30 + X - F_{ACLR}$ ，其他 2 个在频谱边缘处的 LTE-V2X 终端的 ACLR 值为 $43 + X - F_{ACLR}$ 。其中 F_{ACLR} 是带宽的转换系数， $F_{ACLR} = 10 \times \log_{10}(B_{victim}/B_{aggressor}) = 10 \times \log_{10}(4/12) = -4.77$ 。

对于 ACS 的取值，参考 38.886 的 5.2.1.3 章节和 36.101-1-g40 的 7.5 章节，采用两阶 ACS 数值，为 (27, 43) dB。当干扰方的发送频率和被干扰方的接收信道边缘的频率偏差小于 10MHz 时，ACS1 数值适用；当大于 10MHz 时，ACS2 适用。10MHz 的频率偏差来自 LTE V2X 对 ACS 和带内阻塞指标的定义。

- **LTE-V2X 干扰 NR-V2X**

这种情况下，被干扰方有更大的带宽，参照 36.942 的 5.1.1.4.2 章节可知，虽然干扰方和被干扰方的带宽是非对称的，但是仍可采用对称带宽时的结论，即两阶的 ACLR 数值 (30+X, 43+X, 43+X) 仍然适用。更详细地，当干扰方和被干扰方的频谱差异小于干扰方的带宽时，采用 ACLR 的第一阶数值，即 30+X；当干扰方和被干扰方的频谱差异大于干扰方的带宽时，采用 ACLR 的第二阶数值，即 43+X。

对于 ACS 的取值，参考 38.886 的 5.2.1.3 章节和 9.1.3 章节，采用两阶 ACS 模型，取值为 (24, 40) dB。

4.1.2 LTE-V2X 干扰 NR-V2X：高速场景

4.1.3 LTE-V2X 干扰 NR-V2X：城区场景

4.1.4 NR-V2X 干扰 LTE-V2X：高速场景

4.1.5 NR-V2X 干扰 LTE-V2X：城区场景

待更新。

4.1.6 分析结果

4.2 NR-V2X 与 RLAN 的共存

4.2.1 系统参数

1) NR-V2X 系统参数

NR-V2X 系统参数参考 4.1.1 章节。

2) RLAN 系统参数

表 4.2.1-1 RLAN 系统参数

系统参数	数值
中心载频	5.8 GHz
带宽 ¹	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz
天线模型	全向天线 室外: 5 dBi 天线增益 车内: 0 dBi 天线增益
AP 传导功率 ²	20 dBm
业务模型 ³	业务激活因子 20%
CSMA 检测门限	-91 dBm for 20 MHz (preamble detection) -62 dBm/20MHz (energy detection)
AP 数目	室外: 每个街区有 6 个室外 AP 车内: 每个车内 1 个 AP
备注: 1、不同的带宽对应着不同的信道划分, 同时与频段上边缘的频率间隔也有不同。 2、RLAN EIRP 包括传导功率、天线增益和赋形增益。在临频共存分析时, 赋形增益不予考虑。 3、RLAN AP 业务数据在建模时需要考虑激活因子, 即并不是所有的 AP 都在同时发送数据。当激活因子为 20% 时, RLAN 每 5ms 发送一个数据包。	

具体的 RLAN 信道划分如图 4.2.1-1 所示。假设 NR-V2X 候选频段的下边界为 5855MHz, 那么可以计算出不同带宽情况下距离 5855MHz 的频率间隔, 计算结果如表 4.2.1-2。

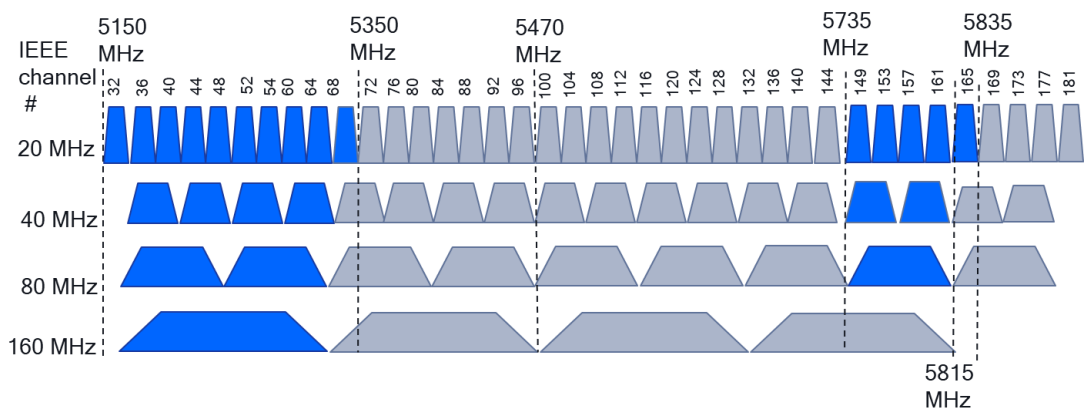


图 4.2.1-1 RLAN 信道划分示意图

表 4.2.1-2 RLAN 信道间隔表

RLAN 带宽 (MHz)	上边界 (MHz)	距离 5855 MHz 的间隔
20	5835	20
40	5815	40
80	5815	40

3) 仿真拓扑

仿真拓扑参考 4.1.1 章节。

4) ACIR 的计算

ACIR 根据干扰系统 ACLR 与被干扰系统 ACS 指标计算获得，ACIR 计算公式为

$$ACIR^{-1} = ACLR^{-1} + ACS^{-1}$$

• RLAN 干扰 NR-V2X

ACLR 的计算可以通过频谱辐射模板来计算，具体计算公式如下

$$ACLR = 10 \log_{10} \frac{\int_{f_1}^{f_2} S(f) df}{\int_{f_3}^{f_4} S(f) df}$$

其中, f_1 和 f_2 指的是 RLAN 信道的频率范围上下限, f_3 和 f_4 指的是在临道的 NR-V2X 的频率范围。

IEEE 802.11 定义的 20MHz 的 RLAN 邻频辐射模板为图 4.2.1-2, 不同的信道带宽大小会有细小差异。根据发送功率并经过单位转换, 不同的邻道泄露情况计算如图 4.2.1-3。

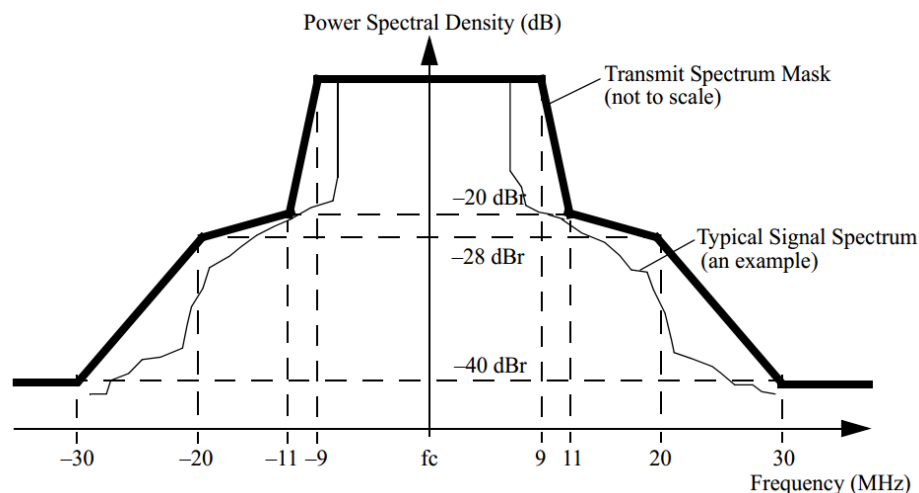


图 4.2.1-2 802.11 发射机频谱辐射模 (20MHz 带宽)

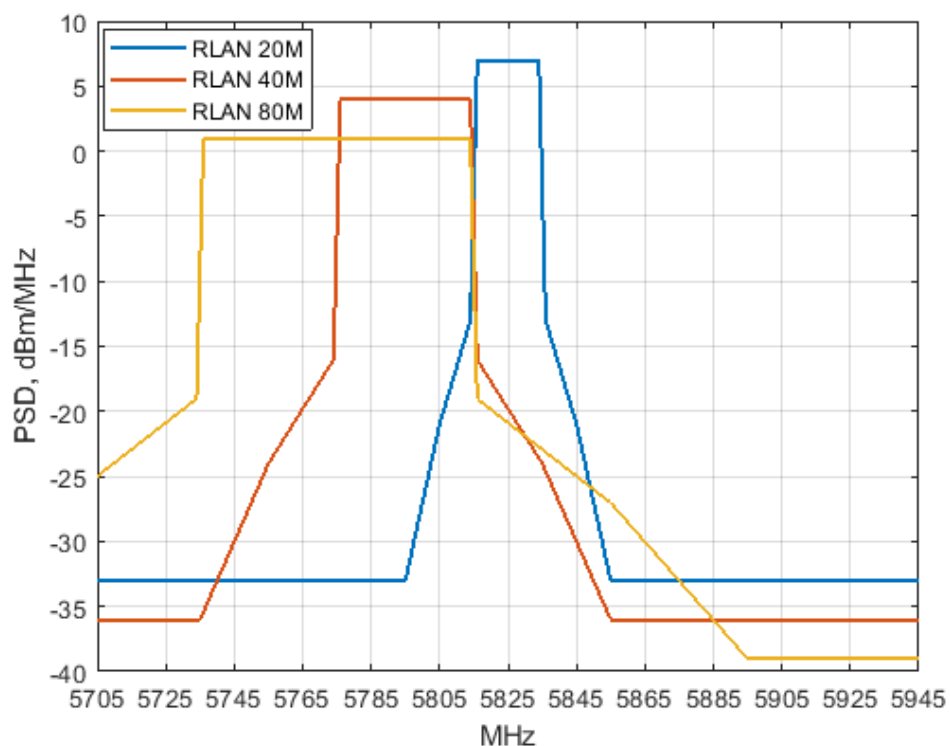


图 4.2.1-3 RLAN 不同带宽的 PSD 示意图

从图 4.2.1-3 中可以看出，RLAN 带宽为 20MHz 时，带外泄露的功率最大。因此 RLAN 采用 20MHz 带宽是可认为是干扰最大的情况。后续的共存仿真采用 RLAN 为 20MHz 的配置。假如将来定义了比 IEEE 模板更加严格的杂散辐射要求，共存分析的结论也可以适用。

NR-V2X 的 ACS 取值和 4.1.1 章节相同。

- **NR-V2X 干扰 RLAN**

RLAN 系统不受干扰保护，因此 NR-V2X 干扰 RLAN 的场景不开展分析。

4.2.2 室外 RLAN 干扰 NR-V2X：城区场景

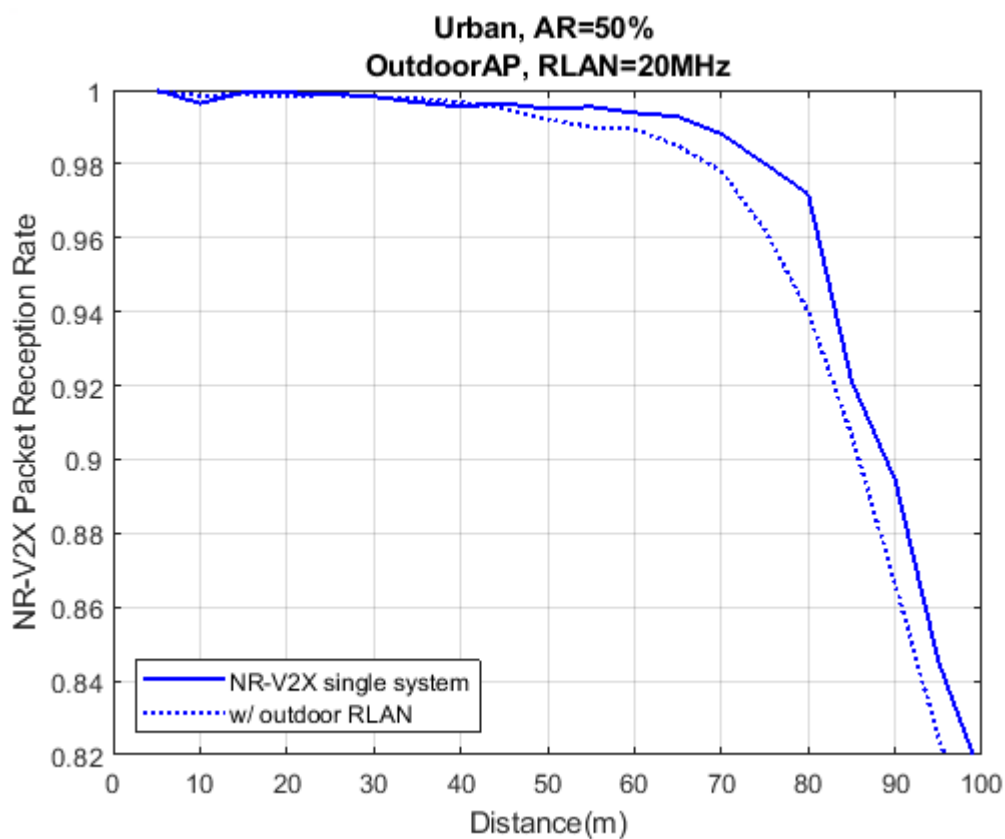


图 4.2.2-1 城区场景下共存仿真：室外 RLAN 干扰 NR-V2X

4.2.3 车内 RLAN 干扰 NR-V2X：城区场景

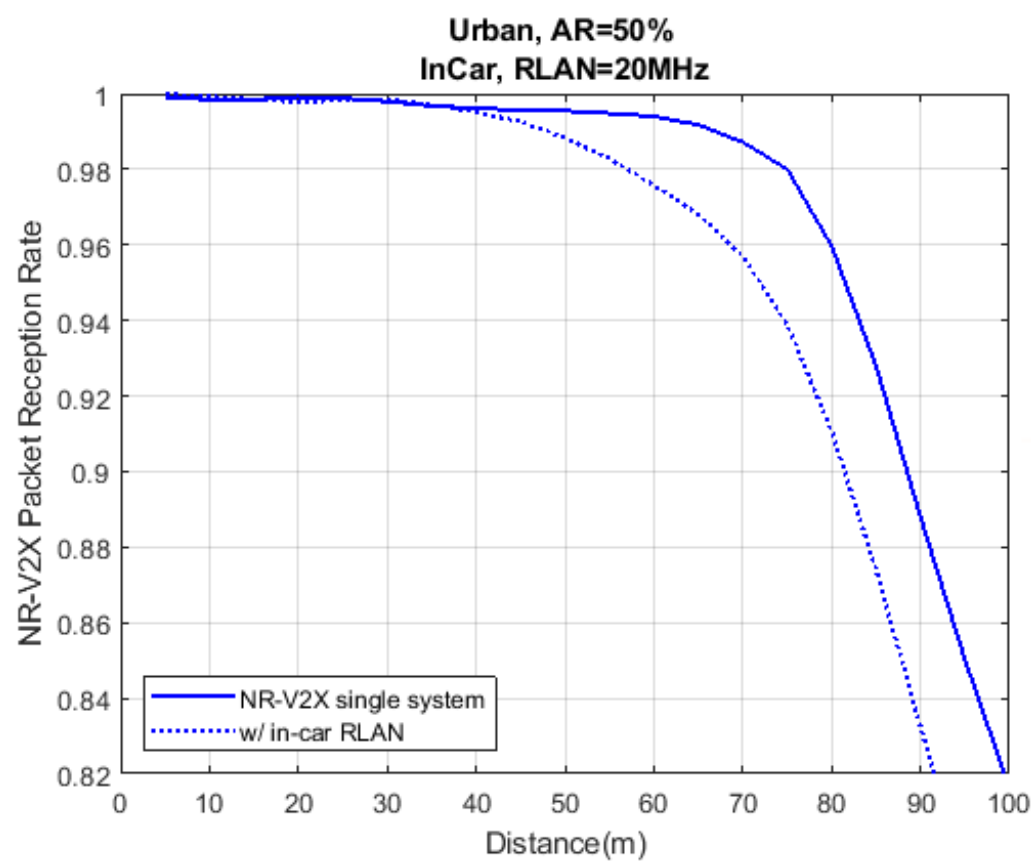


图 4.2.3-1 城区场景下共存仿真：车内 RLAN 干扰 NR-V2X

4.2.4 车内 RLAN 干扰 NR-V2X：高速场景

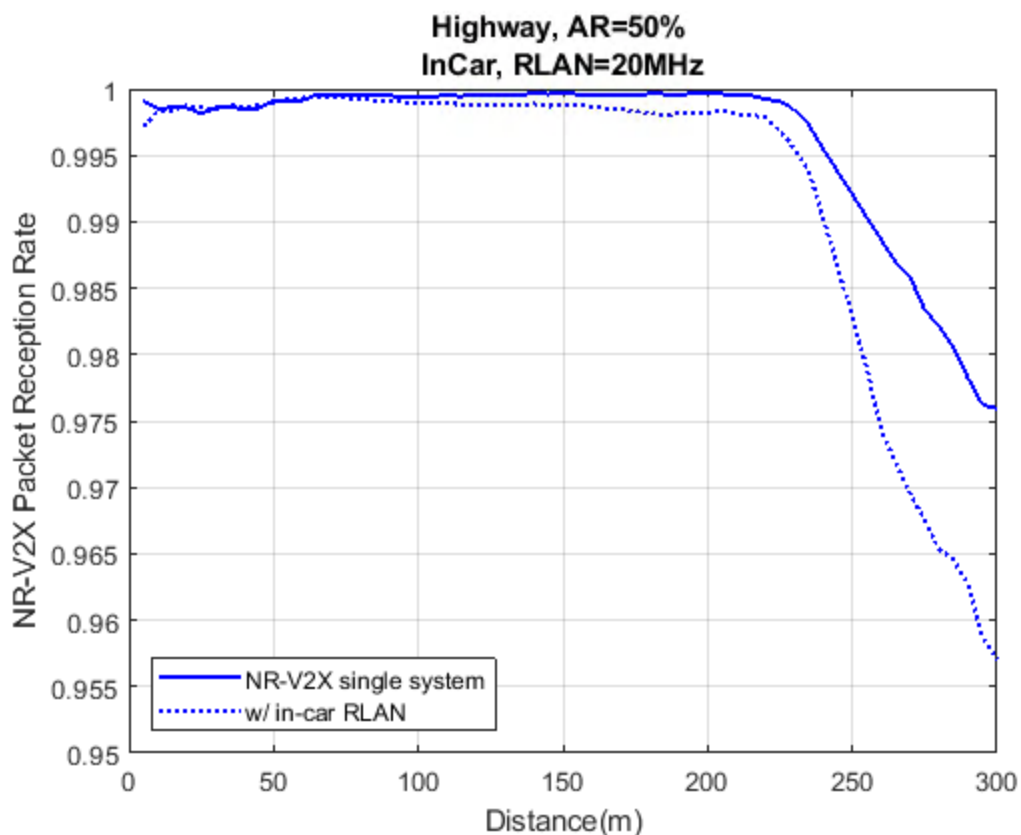


图 4.2.4-1 高速场景下共存仿真：车内 RLAN 干扰 NR-V2X

4.2.5 分析结果

表 4.2.5-1 RLAN 干扰 NR-V2X 性能分析

干扰场景	性能损失情况
室外 RLAN, 城区	PRR 性能损失约为 0.5%
车内 RLAN, 城区	PRR 性能损失约为 1%
车内 RLAN, 高速	PRR 性能损失约为 0.5%

在不同的 RLAN 干扰情况下，NR-V2X PRR 的性能损失不超过 1%。邻道工作的 RLAN 干扰带来轻微的 NR-V2X 系统性能下降，但是 NR-V2X 的性能仍然是可以满足城区和高速场景下确定的有效通信距离范围和可靠性要求。因此，NR-V2X 的系统设计可以容纳 RLAN 带来的外来干扰，并且能够满足可靠性和有效通信范围的需求。

参考文献

附录： 术语和缩略语

待更新。