



专题：车联网与安全

车联网通信标准化与产业发展分析

林琳, 李璐, 葛雨明

(中国信息通信研究院, 北京 100191)

摘要: 车联网已成为全球汽车产业发展的重要战略方向, 我国加快顶层规划设计布局, 将研究并建设基于蜂窝车联网 C-V2X (目前包括 LTE-V2X 与 NR-V2X) 技术的车用无线通信网络, 并要求推动 5G 与车联网协同建设。在系统梳理 3GPP 和 CCSA 在 C-V2X 最新的标准化进展基础上, 提炼了在四跨互联互通活动中发现的技术标准方面的问题, 提出了我国完善 C-V2X 技术标准的参考建议。

关键词: 车联网; C-V2X; 标准化

中图分类号: A

文献标识码: TN913

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020122

Analysis of the communication standardization and industry development of internet of vehicles

LIN Lin, LI Lu, GE Yuming

China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100191, China

Abstract: The internet of vehicles has become an important strategic direction for the development of the global automobile industry. China accelerates the top-level design, takes the research and deployment of a wireless communication network for vehicles based on C-V2X (now including LTE-V2X and NR-V2X) technology. And it is also required to promote the collaborative deployment of 5G and the internet of vehicles. On the basis of reviewing the latest standardization progress of 3GPP and CCSA in C-V2X, the technical standards problems found in the C-V2X “Four Layers” interoperability application demonstration were refined, and some reference suggestions were proposed for China to improve the C-V2X technical standards.

Key words: internet of vehicles, C-V2X, standardization

1 引言

车联网是汽车、电子、信息通信、交通运输和交通管理等行业深度融合的新型产业形态。

C-V2X (cellular vehicle to everything, 蜂窝车联网) 无线通信技术, 目前包括 LTE-V2X 和 NR-V2X, 作为关键使能型技术, 将有助于构建 “人—车—路—云” 协同的车联网产业生态体系。国外发达

收稿日期: 2020-02-28; 修回日期: 2020-04-02

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (No.2018YFB0105202)

Foundation Item: The National Key Research and Development Project (No.2018YFB0105202)



国家已经在国家层面进行顶层设计，将车联网视为战略性新兴产业，在国家战略、法律、规划、标准等多个层面布局。我国在车联网技术研究和产业发展上不吝投入，也取得了骄人的成绩。在 C-V2X 无线通信技术方面，技术研究和标准化处于国际领先水平，国内政府及车联网产业对 C-V2X 技术持明确的支持态度，不存在技术选择上的不确定性，国内已建立高效的跨行业协同平台，并持续进行有效的沟通，已经或者正在着手解决实际问题，国内 C-V2X 产业链完整，产业积极性高。我国的体制优势以及近年车联网产业的迅猛发展无形中让全世界各国形成了“车联网发展看中国”的基本共识。标准化是引导产业、对产业进行规范的重要手段，尤其车联网产业需要跨行业协同，做好标准是车联网产业健康发展的必要条件。

目前在车联网标准化和产业的研究主要有以下内容。

- 参考文献[1-3]作为车联网的系列白皮书，在不同时期聚焦 C-V2X 发展，从技术、应用、产业和政策措施 4 个维度进行分析。
- 参考文献[4-6]介绍了 C-V2X 的关键技术、标准研究、应用场景以及技术演进。
- 参考文献[7-9]介绍了国内外的车联网产业政策，分析了我国车联网产业的融合发展趋势以及企业的布局。
- 参考文献[10-12]重点分析了国内车联网的测试验证工作，介绍了四跨互联互通活动的举办情况以及后续发展趋势。

2 车联网 C-V2X 通信标准化进展

2.1 3GPP C-V2X 相关进展

3GPP 自 2017 年 3 月完成 Release 14 基于 LTE 的 V2X 技术规范以来，持续进行 C-V2X 标准化工作，于 2018 年 6 月完成了 Release 15 LTE-eV2X 的技术规范，2019 年 3 月完成了 Release 16

NR-V2X 的研究课题，预计将于 2020 年完成 Release 16 NR-V2X 标准化项目。后续，Release 17 的研究方向仍将包含直通链路（sidelink）的增强研究。

3GPP 的技术报告 TR37.985^[13]从无线接入网络的角度总结了 3GPP 基于 LTE 和 NR 的 V2X 标准化工作，具体包括应用需求、LTE-V2X、NR-V2X、多 RAT（radio access technology，无线接入技术）-V2X、传输特性、行人用户设备以及路侧单元 7 个部分的内容，其中涉及标准化工作较多的 LTE-V2X 和 NR-V2X 的相关内容简介如下。

2.1.1 LTE-V2X

(1) V2X sidelink 物理层

1) 物理 sidelink 信道和信号

- PSBCH（physical sidelink broadcast channel，物理直通链路广播信道）：承载来自 RRC（radio resource control，无线资源控制）层的 MIB（master information block，主信息块）-V2X，并在位于 sidelink 带宽中心的 72 个子载波每 160 ms 进行发送。
- PSSCH（physical sidelink shared channel，物理直通链路共享信道）：在 sidelink 上传输数据，PSSCH 的传输资源可以由 eNB 进行调度并通过 DCI（downlink control information，下行控制信息）告知 UE，也可以通过 UE 自己的感知过程自主确定。数据可以传输一次或者两次，两次传输的时间间隔在调度 SCI（sidelink control information，直通链路控制信息）中指示。
- PSCCH（physical sidelink control channel，物理直通链路控制信道）：传输 SCI，也即 SA（scheduling assignment，调度分配），PSCCH 占用两个频域相邻的 PRB（physical resource block，物理资源块），采用 SCI format 1。为了收到 PSCCH，UE 需要对每

一对 PRB 进行盲检。PSCCH 和 PSSCH 同子帧传输, 并且二者的频域可以相邻也可以不相邻。

- PSSS (primary sidelink synchronization signal, 主同步信号)、SSSS (secondary sidelink synchronization signal, 辅同步信号): 当 UE 没有同步源时可以获得 sidelink 同步, 使得 UE 可以检测到 sidelink 子帧的边界。
- DMRS (demodulation reference signal, 解调参考信号): 与 PSBCH 相关的 DMRS 在子帧的第 5、7、10 个符号上发送。与 PSSCH 和 PSCCH 相关的 DMRS 在子帧的第 3、6、9、12 个符号上发送。

2) sidelink 同步

UE 的同步过程需要 UE 持续按照同步优先级进行搜索, 找到自己能获得的最优同步参考。

V2X UE 进行同步的 4 种基本同步源: GNSS (global navigation satellite system, 全球导航卫星系统)、UE 自己的 eNB、其他发送 SLSS (sidelink synchronization signal, 直通链路同步信号) 的 UE 以及 UE 的内部时钟。

3) 多载波操作和载波聚合

V2X 支持单载波和多载波操作。

- LTE-eV2X sidelink 载波聚合, 如果 sidelink MAC PDU (protocol data unit, 协议数据单元) 有必要进行单载波重传, 则可以在不同的载波上并行传输。
- LTE-eV2X sidelink 载波聚合的另一种形式是 PDCP (packet data convergence protocol, 分组数据汇聚协议) 复制, 同一个 PDCP 数据分组并行在多个 sidelink 载波上传输以提高可靠性。

(2) V2X sidelink 资源分配

1) 资源池

PSSCH 的资源池在频域分为多个子信道, 这

些子信道是在子帧中连续而不重叠的不少于 4 个 PRB 的集合, 子信道大小是 (预) 配置的。资源分配、感知和资源选择以子信道为单位进行。

PSCCH 的资源池定义取决于 (预) 配置的资源池。PSCCH 与 PSSCH 是否相邻。相邻的情况下, 每个子信道最下面的一对 PRB 就是 PSCCH 的备选, 分配的子信道中这对 PRB 之上连续的 PRB 用于传输 PSSCH。不相邻的情况下是其他的定义方式。

每个 UE 被独立 (预) 配置发送资源池和接收资源池, 还配置了特别的资源池。

2) 资源分配方式

LTE sidelink 定义了 4 种资源分配方式, 其中 mode1 和 mode2 用于 D2D 通信 (device-to-device communication, 设备到设备通信), mode3 和 mode4 用于 LTE-V2X。下面重点介绍 mode3 和 mode4。

- 资源分配 mode3 由 eNB 调度, 针对 sidelink 的半持续调度有一些特别的支持, 也同样支持 sidelink 动态调度。eNB 调度的驱动条件是 UE 需要在 sidelink 上发送数据, UE 向 eNB 请求分配 sidelink 资源, eNB 会根据 UE 的业务类型提供动态调度或者激活半持续调度。eNB 最多可给 UE 配置 8 个 sidelink 半持续调度, 每个配置有一个标识, 提供一种不同周期的 sidelink 发送资源。在收到 eNB 指示激活的 DCI 信令之前, UE 不会使用这个 sidelink 半持续调度配置。发送 UE 按照配置周期使用这些被激活的 sidelink 半持续调度资源, 直到这些资源被 eNB 通过一个特殊的 DCI 指示去激活。
- 资源分配 mode4 是 UE 自主进行资源选择。基本的框架就是 UE 在一个 (预) 配置的资源池中感知哪些资源并未被其他具有更高优先级业务的 UE 占用, 然后选择一些合适的资源进行 PSCCH/PSSCH



传输。选择后，UE 就会在这些资源上周期性发送一定的次数，或者直到触发资源重选。

在 LTE-V2X 中，采用 mode3 方式的 UE 在指示资源信息的 SCI 中并不指示资源预约周期。为了实现 mode3 和 mode4 资源池共享，在 LTE-eV2X 中，采用 mode3 方式的 UE 在指示资源信息的 SCI 中也要指示资源预约周期，以便采用 mode4 方式的 UE 进行资源选择，同时，采用 mode3 方式的 UE 也可以像采用 mode4 方式的 UE 一样进行感知过程，以便向 eNB 上报共享资源池的资源占用情况。

（3）拥塞控制

CBR（channel busy ratio，信道忙率）是衡量资源池当前拥塞程度的物理层测量值。CR（channel occupancy ratio，信道占用率）是衡量一个 UE 有多少资源的测量值。

UE 可（预）配置一个 CBR 范围的集合，每个 CBR 范围都对应一个 CR_limit。如果 UE 发现自己的 CR 超过了当前它自己测量的 CBR 范围所对应的 CR_limit，则该 UE 需要降低自己的 CR 以便不超过限制。

（4）V2X sidelink 高层协议

1) 资源池配置

- UE 在网络覆盖内时，可以使用 eNB 通过专用信令或者系统信令所做的资源配置。
- UE 在网络覆盖外时，使用预配置的资源用于 V2X sidelink 通信。

2) 测量和上报

V2X sidelink 通信有一些专用的测量和上报机制，包括 CBR 测量上报、上报 UE 自己的感知结果和地理位置。

3) 移动性管理

UE 可以在小区切换和小区重选过程中进行 V2X sidelink 传输。

4) sidelink 半持续调度的辅助信息

UE 可以给 eNB 上报一些辅助信息，帮助 eNB

配置 sidelink 半持续调度。

5) 载波选择

UE 允许在网络（预）配置的多个 sidelink 载波上发送和接收，UE 需要在其中选择用于传输的 sidelink 载波。

6) sidelink 数据分组重复发送

为了提高 V2X sidelink 通信可靠性，LTE-eV2X 支持 sidelink PDCP 复制机制，也即将一个 PDCP PDU 复制一份，并在不同的 sidelink 载波上进行传输。

7) 上行链路和 V2X sidelink 传输的协调

当 UE 的上行传输和 V2X sidelink 传输在时域上有重叠时，UE 需要对这两种传输进行优先级排序。

（5）通过 Uu 接口进行 V2X 传输

支持 V2X 上行链路半持续调度的扩展形式，允许 V2X 上行链路半持续调度和普通的上行链路半持续调度一起使用，并且考虑到 V2X 不同周期的业务类型，定义至多 8 个 V2X 上行链路半持续调度配置，采用一个特殊的 DCI 格式激活/去激活 V2X 上行链路半持续调度配置，与普通的上行链路半持续调度有所区分。

（6）V2X 业务授权

考虑到 HSS（home subscriber server，归属用户服务器）中有不同 UE 类型订阅信息，eNB 接收 MME（mobility management entity，移动管理实体）或者相邻 eNB 发送的 UE 授权状态，判断 UE 是否授权为一个车辆 UE 和/或行人 UE。只有授权 UE 才可以进行 V2X sidelink 通信。

2.1.2 NR-V2X

（1）sidelink 单播、多播和广播

NR-V2X 物理层支持广播、单播和多播，单播和多播需要引入 sidelink HARQ（hybrid automatic repeat request，混合自动重传请求）反馈、高阶调制、sidelink CSI（channel state information，信道状态信息）以及 PC5-RRC。

(2) V2X sidelink 物理层

1) 物理 sidelink 信道和信号

NR-V2X sidelink 与 NR 上行/下行采用相同的子载波间隔。调制机制有 QPSK (quadrature phase shift keying, 正交相移键控)、16-QAM (quadrature amplitude modulation, 正交幅度调制)、64-QAM 和 256-QAM。

- 物理 sidelink 广播信道 PSBCH: 承载来自 RRC 层的 MIB-V2X, 并在位于 sidelink 带宽的 11 个 RB 上每 160 ms 进行发送。
- 物理 sidelink 共享信道 PSSCH: 在 sidelink 上传输数据, PSSCH 的传输资源可以由 gNB 进行调度并通过 DCI 告知 UE, 也可以通过 UE 自己的感知过程自主确定。数据可以传输多次。
- 物理 sidelink 控制信道 PSCCH: 物理层 sidelink 控制信息 SCI, 分为两阶段发送: 第一阶段的 SCI 在 PSCCH 资源上发送, 包含可以进行感知操作的信息以及第二阶段的 SCI 的资源分配信息; 第二阶段的 SCI 在 PSSCH 资源上发送并与 PSSCH 的 DMRS 相关, 包含识别和解码对应 PSSCH 的必要信息、HARQ 过程的控制以及 CSI 反馈的触发条件信息等。
- 物理 sidelink 反馈信道 PSFCH: 承载 sidelink 上接收 UE 向发送 UE 的反馈, 具体形式可以是 ACK (acknowledge) /NACK (non-ACK), 或者 NACK-only。PSFCH 的时域资源 (预) 配置在第 1、2、4 时隙, 频域/码域资源通过隐式方式获得。

此外, 还有 S-PSS (sidelink primary synchronization signal, 直通链路主同步信号)、S-SSS (sidelink secondary synchronization signal, 直通链路辅同步信号)、解调参考信号 DMRS、FR2 (frequency range 2, 频率范围 2) 的 PT-RS (phase-tracking reference signal, 相位追踪参考信

号)、CSI-RS (channel state information reference signal, 信道状态信息参考信号)。

2) sidelink 同步

UE 的同步过程需要 UE 持续按照同步优先级进行搜索, 找到自己能获得的最优的同步参考。

V2X UE 进行同步的 4 种基本同步源: GNSS、gNB/eNB、其他发送 SLSS 的 UE 以及 UE 的内部时钟。

3) sidelink CSI

在单播通信中, 接收 UE 给发送 UE 提供一些信息, 帮助发送 UE 做链路自适应。

4) sidelink HARQ

NR-V2X 针对 sidelink 单播和多播业务通过 ACK/NACK 支持 HARQ, 针对多播业务还可采用 NACK-only HARQ。此外, 还支持盲重传机制。

sidelink HARQ 反馈是接收 UE 在 PSFCH 上发给发送 UE 的。如果是在 gNB 控制下的资源分配 mode1 模式, 发送 UE 通过 PUCCH 将它收到的与某个特定动态或者配置与 grant 相关的 sidelink HARQ 反馈状态通知给 gNB, 以便辅助重传调度以及分配 sidelink 资源。

5) LTE-V2X sidelink 和 NR-V2X sidelink 的设备内共存

- 如果有设备同时支持 LTE-V2X 和 NR-V2X, 并且需要同时在系统中工作。如果这两个 RAT 有足够的频域隔离, 例如在不同的频段上, 则各自使用各自频段上的射频工作即可。
- 如果两个 RAT 之间的频域间隔较小, 则只能用一个射频, 还要遵从半双工原则, 半双工原则就是不允许在 sidelink 上同时发送和接收。前面的限制表明两个 RAT 同时接收会有干扰, 不允许同时发送。后面的限制表明一个 RAT 在接收/发送时, 另一个 RAT 不能发送/接收。
- 如果可能, 可以给两个 sidelink (预) 配置



完全不重合的资源池，否则，一般的原则就是在两个 RAT 同时发送时至少一个 RAT 需要放弃，但在两个 RAT 上 V2X 业务优先级都已知时，自动选择较高的优先级。

- 两个 RAT 上接收与接收重叠的情况一般留给 UE 实现。
- 两个 RAT 上发送与发送重叠以及发送与接收重叠的处理，当两个 RAT 上的 V2X 业务的优先级都已知，自动选择较高的优先级。如果优先级相同或者并不是都已知的情况下，留给 UE 实现。

(3) V2X sidelink 资源分配

1) BWP 和资源池

sidelink 使用的子载波间隔会在（预）配置 sidelink BWP（bandwidth part，一部分带宽）时给出，FR1 使用的子载波间隔为 15 kHz、30 kHz 或者 60 kHz，FR2 使用的子载波间隔为 60 kHz 或者 120 kHz。UE 的 sidelink 发送和接收都要在同一个 sidelink BWP 中。

PSSCH 的资源池在频域分为多个子信道，这些子信道是在子帧中连续而不重叠的不少于 10 个 PRB 的集合，大小是（预）配置的。资源分配、感知和资源选择以子信道为单位。尽管子信道中某些少量 PRB 有可能不用于发送，子信道也是作为整体分配给 UE 的 PSSCH。

每个 UE 被独立（预）配置发送资源池和接收资源池，还配置了特别的资源池。

2) 资源分配方式

NR sidelink 定义了 2 种资源分配方式，分别为 mode1 和 mode2。

资源分配 mode1 由 gNB 调度，NR V2X 有周期性和非周期性业务，mode1 提供 gNB 的动态 grant 以及 RRC 半静态配置的配置 grant。动态 sidelink grant DCI 可以提供一个 TB 的一次或者多次传输资源，如果有反馈操作的话也要遵从 sidelink

HARQ 进程。

动态 grant 和配置 grant 的 MCS 信息可以提供也可以由 RRC 信令控制。RRC 可以配置实际的 MCS 取值，可以配置一个 MCS 范围，也可以不配置。对于没有配置实际 MCS 取值的情况，UE 需要自己选择一个合适的 MCS。

gNB 调度由 UE 上报 sidelink 业务特征所驱动，或者上报一个 sidelink BSR（buffer status report，缓存状态报告）。

资源分配 mode2 是 UE 自主进行资源选择。基本的框架就是 UE 在一个（预）配置的资源池中感知哪些资源并未被其他具有更高优先级业务的 UE 占用，然后选择一些合适的资源进行传输。选择后，UE 就会在这些资源上多次发送/重传，或者直到触发了资源重选。

(4) sidelink 拥塞控制

与 LTE-V2X 类似，在此不再赘述。

(5) V2X sidelink 高层协议

1) 与 NR sidelink 通信有关的测量和上报

- NR V2X sidelink 有一些专用的测量和上报机制。
- 连接态的 UE 测量 CBR 并上报给 NG-RAN 以协助网络调度和/或传输参数调整。
- 接收 UE 将基于 DMRS 进行 RSRP（reference signal receiving power，参考信号接收功率）测量，并将层 3 过滤的 RSRP 发给发送 UE，以便发送 UE 用于单播通信中的开环功率控制。

2) 移动性管理

UE 可以在小区切换和小区重选过程中进行 NR sidelink 传输。

3) 辅助信息和 sidelink 配置信息的配置

NG-RAN 可以使用两种类型的配置 sidelink grant 给 UE 分配 sidelink 资源：类型 1 和类型 2。对于进行 NR sidelink 通信的 UE，可能同时激活了多个配置 sidelink grant。为了给配置 grant 的配

置提供辅助信息, UE 可以向网络上报一些有关业务 pattern 的辅助信息, 如周期、时域偏差、消息大小、QoS 等。

4) 上行链路和 NR sidelink 传输的协调

当上行链路和 sidelink 在共享/相同载波频域同时发送, 或者在不同载波频域上共用射频发送并分享功率, 就需要在二者之间进行优先选择。

分别为 NR 上行链路和 NR 直通链路配置独立的逻辑信道优先级门限值。如果上行链路逻辑信道数据的最高优先级取值高于上行链路优先级门限值, 并且直通链路逻辑信道数据的最高优先级取值低于直通链路优先级门限值, 将优先执行直通链路发送。反之, 优先执行上行链路发送。

5) QoS 机制

基于数据流的 QoS 模型用于 sidelink 单播、多播和广播。

- 对于 RRC 连接态的 UE, 针对一个新的 PC5 QoS 数据流, UE 需要通过 RRC 专用信令上报该数据流的 QoS 信息, 网络可基于 UE 上报的 QoS 信息, 通过 RRC 专用信令提供 SLRB (sidelink radio bearer, 直通链路无线承载) 配置并配置该数据流和 SLRB 的对应关系。
- 对于 RRC 空闲态的 UE, 网络可通过 V2X 专用 SIB (system information block, 系统信息块) 提供 SLRB 配置并配置 PC5 QoS 与 SLRB 的映射。
- 对于覆盖外的 UE, SLRB 配置和 PC5 QoS 与 SLRB 的映射是预配置的。

6) sidelink RRC

对于 NR sidelink 单播通信, PC5-RRC 连接是源和目标层 ID 之间的逻辑连接。

- 接入层配置可以通过 PC5-RRC 信令传达的, 并且收发 UE 之间必须要达成一致的参数。如果接入层配置失败, 可以使用明

确的错误消息和基于定时器的指示来告知对端 UE。

- UE 之间可以通过 PC5-RRC 来相互了解 UE 能力。UE 可以发送能力查询信息去查询对端 UE 的能力, 并把自己的能力告知对方。

(6) 通过 Uu 接口进行 V2X 传输

一些高级的 V2X 服务是由驻留在 Internet 上的应用服务器提供的, 该应用服务器处理从 UE 接收到的信息并发出指令来控制车辆。远程驾驶应用可允许远程驾驶员或 V2X 应用程序远程操作车辆。高级驾驶可以通过应用服务器在车辆之间共享视频。在这些应用中, UE 与服务器通过蜂窝网络的 NR Uu 接口进行通信。

(7) V2X 业务授权

与 LTE-V2X 类似, NG-RAN 节点接收核心网或者相邻 NG-RAN 节点提供的 UE 授权状态, 判断 UE 是否授权为一个车辆 UE 和/或行人 UE。只有授权 UE 才可以进行 V2X sidelink 通信。根据所支持业务的不同通过不同的方式向 UE 提供 sidelink 无线资源。

2.2 CCSA C-V2X 相关进展

中国通信标准化协会 (CCSA) 承担了国内主要的 C-V2X 标准化工作, 在部分标准的制定过程中, 积极贯彻车联网产业发展专项委员会号召跨行业协同制定车联网标准的指导思想, 通过联合立项或者共同研讨的方式与国内其他标准组织和联盟, 例如中国汽车工程学会 (CSAE)、中国智能交通产业联盟 (C-ITS)、中国智能网联汽车产业创新联盟 (CAICV)、IMT-2020 (5G) 推进组、C-V2X 工作组等进行了密切的合作。相关的 C-V2X 通信行业标准也在垂直行业的标准中得到了广泛引用, 例如全国汽车标准化汽车委员会 (简称汽标委) 正在制定的国家标准《基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求》等。截至 2020 年 3 月 17 日, CCSA 相关的 C-V2X 标准情况见表 1~表 5。



表 1 已经发布的行业标准（截至 2020 年 3 月 17 日）

序号	标准号	标准名称	标准内容	发布日期
1	YD/T 3592-2019	基于 LTE 的车联网无线通信技术 基站设备技术要求	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术基站设备技术要求，包括 PC5 接口功能、Uu 接口功能、性能、接口等。本标准适用于基于 LTE 的车联网无线通信技术的基站设备	2019-11-11
2	YD/T 3593-2019	基于 LTE 的车联网无线通信技术 核心网设备技术要求	本标准规定了基于 LTE 的车联网中的核心网设备技术要求和接口要求，包括 MME、V2X 控制功能、HSS 等网元的功能要求，HSS 和 V2X 控制功能之间、V2X 控制功能之间及 UE 与 V2X 控制功能之间的接口协议。本标准适用于基于 LTE 的车联网通信系统中的核心网设备	2019-11-11
3	YD/T 3594-2019	基于 LTE 的车联网通信安全技术要求	本标准规定了基于 LTE 的车联网通信安全的总体技术要求、接口安全要求和安全过程	2019-11-11
4	YD/T 3340-2018	基于 LTE 的车联网无线通信技术 空中接口技术要求	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术的空中接口技术要求，包括终端之间直通链路通信方式的 PC5 接口技术要求以及终端与基站之间的上/下行链路通信方式的 Uu 接口技术要求；规定了这两种工作方式下的物理层、MAC 层、RLC 层、PDCP 层、RRC 层以及空闲模式下的 UE 过程	2018-12-21
5	YD/T 3400-2018	基于 LTE 的车联网无线通信技术 总体技术要求	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术的总体业务要求、系统架构和基本功能要求	2018-12-21

表 2 公示阶段的标准（截至 2020 年 2 月 15 日）

序号	标准号	标准名称	标准内容
1	YD/T 3629-2020	基于 LTE 的车联网无线通信技术 基站设备测试方法	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术基站设备 PC5 接口功能和 Uu 接口功能的测试方法。本标准适用于支持基于 LTE 的车联网无线通信技术的基站设备
2	YD/T 3707-2020	基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层技术要求	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术的网络层技术要求，包括短消息协议、应用注册、业务管理以及业务公告。具体包括网络层框架、数据子层技术要求、管理子层技术要求和接入点及服务原语。本标准适用于基于 LTE 的车联网无线通信技术的网络层
3	YD/T 3708-2020	基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层测试方法	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术网络层测试方法，对基于 LTE 的车联网无线通信技术网络层的测试参数与指标、测试方法、测试用例进行了规范。本标准适用于基于 LTE 的车联网无线通信技术的网络层
4	YD/T 3709-2020	基于 LTE 的车联网无线通信技术 消息层技术要求	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术的消息层技术要求，具体包括消息层数据集的架构以及具体的数据定义和编码方式等。本标准适用于基于 LTE 的车联网无线通信技术的消息层
5	YD/T 3710-2020	基于 LTE 的车联网无线通信技术 消息层测试方法	本标准规定了基于 LTE 的车联网无线通信技术消息层测试方法，对基于 LTE 的车联网无线通信技术消息层的测试参数与指标、测试方法、测试用例进行了规范。本标准适用于基于 LTE 的车联网无线通信技术的消息层

表 1 是截至 2020 年 3 月 17 日已经发布的行业标准。

表 2 是截至 2020 年 2 月 15 日在工业和信息化部公示阶段的标准。

表 3 是截至 2020 年 3 月 17 日已经完成报批稿的标准。

表 4 是截至 2020 年 3 月 17 日在研的标准。

表 5 是目前已完成和在研的研究课题。

3 四跨互联互通活动在技术标准层面发现的问题

2019 年 10 月，在上海国际汽车城智能网联汽车测试开放道路上进行了四跨互联互通示范活动，所谓四跨是指跨芯片模组、跨终端、跨整车、跨安全平台。示范活动演示场景包括 V2I（vehicle to infrastructure，车辆与基础设施）通信场景（限

表3 已经完成报批稿的标准（截至2020年3月17日）

序号	标准名称	标准内容
1	基于LTE的车联网无线通信技术 支持直连通信的终端设备技术要求	本标准规定了基于LTE的车联网无线通信技术（LTE-V2X）车载终端设备接入层的功能要求、性能要求和接口要求等。本标准适用于支持直连通信的车载终端设备，涉及LTE Uu部分的内容仅包含3GPP Release 14 V2X相关要求
2	基于LTE的车联网无线通信技术 支持直连通信的路侧设备技术要求	本标准规定了基于LTE的车联网无线通信技术（LTE-V2X）支持直连通信的路侧设备接入层的功能要求、性能要求和接口要求等。本标准适用于通过LTE V2X直连通信与车载设备通信的路侧设备，本标准还给出了当采用Uu作为回传链路涉及3GPP Release 14中针对V2X相关技术的具体要求
3	基于LTE的车联网无线通信技术 支持直连通信的终端设备测试方法	本标准主要规定了基于LTE的车联网无线通信技术支持LTE-V2X PC5直连通信的车载终端设备在业务功能、一致性和互联互通等方面的测试方法。本标准适用于基于LTE的车联网无线通信技术支持LTE-V2X PC5直连通信的车载终端设备。涉及LTE Uu部分的内容仅包含3GPP Release 14 V2X相关测试方法，其他测试方法参见LTE数字移动通信蜂窝网系列行业标准
4	基于LTE的车联网无线通信技术 支持直连通信的路侧设备测试方法	本标准主要规定了基于LTE的车联网无线通信技术支持LTE-V2X PC5直连通信的路侧设备在业务功能、一致性和互联互通等方面的测试方法。本标准适用于基于LTE的车联网无线通信技术支持LTE-V2X PC5直连通信的路侧设备。涉及LTE Uu部分的内容仅包含3GPP Release 14 V2X相关测试方法，其他测试方法参见LTE数字移动通信蜂窝网系列行业标准

表4 在研的标准（截至2020年3月17日）

序号	标准名称	标准内容
1	基于LTE的车联网无线通信技术 核心网设备测试方法	本标准规定了基于LTE的车联网无线通信技术 核心网设备的测试方法，包括测试配置、MME、V2X控制功能、HSS的功能测试，V3接口、V4接口、V6接口功能测试。本标准适用于基于LTE的车联网通信系统中的核心网设备
2	基于LTE的车联网无线通信技术安全证书管理系统技术要求	本标准规定了基于LTE的车联网无线通信技术安全证书管理系统技术要求，规定了用于LTE V2X安全证书管理技术要求、安全证书管理系统架构和相关的显式证书格式及交互流程
3	基于LTE的车联网无线通信技术 安全认证技术要求	本标准的目标是提出适用于LTE-V2X的车联网通信安全认证技术要求。研究内容包括：LTE-V2X通信安全认证需求、LTE-V2X通信安全认证机制总体技术要求以及LTE-V2X通信安全认证交互流程及接口技术要求
4	基于LTE的车联网无线通信技术 安全认证测试方法	本标准将根据《基于LTE的车联网无线通信技术 安全认证技术要求》，规定基于LTE的车联网无线通信技术的安全认证测试方法，具体包括安全认证测试需求、安全认证测试系统框架、安全认证测试控制接口及流程要求、安全认证协议一致性测试用例、安全认证交互流程测试用例
5	面向LTE-V2X的多接入边缘计算 总体需求和业务架构	本标准规定了面向LTE-V2X的多接入边缘计算业务架构和总体需求，对网络和V2X应用的适配需求以及总体技术要求
6	面向LTE-V2X的多接入边缘计算 服务能力开放和接口技术要求（第一阶段）	本标准规定了C-V2X各具体场景中相应的能力需求分析（性能要求、通信方式要求）、数据集需求分析以及API需求分析
7	基于LTE的车联网无线通信技术 MEC平台测试方法	该标准规定了基于LTE的车联网无线通信技术中MEC平台的测试方法，具体包括：基于LTE的车联网无线通信技术中MEC平台的功能测试方法、性能测试方法以及MEC平台与接入终端之间、MEC平台与其他各类平台之间的接口协议测试方法等
8	基于车路协同的高级自动驾驶数据交互内容	本标准规定了基于车路协同的L4、L5高等级自动驾驶数据交互内容。本标准所涉及的数据交互内容指的是道路子系统和车辆子系统之间的数据交互，子系统内部组成单元之间的数据交互不在本标准范围内
9	面向5G V2X自动驾驶场景分析和数据集	本标准定义了增强的C-V2X业务总体要求以及应用消息层交互数据要求
10	基于LTE的车联网无线通信技术 标识分配	本标准规定了国内LTE-V2X车联网系列行业标准中使用的标识（application identity, AID）及其映射的目标层标识的取值的分配



表 5 已完成和在研的研究课题

序号	研究课题名称	研究课题内容
1	基于 TD-LTE 的车辆安全短程通信技术研究	已发布。该课题的目标是基于 TD-LTE 技术，研究适用于解决汽车主动安全应用的无线短距离通信技术解决方案。研究内容包括汽车主动安全应用对无线短距离通信的需求分析、面向汽车主动安全应用的无线短距离通信技术的总体框架、基于 TD-LTE 技术的无线短距离通信的关键技术研究、基于 TD-LTE 技术的无线短距离通信关键技术的性能评估
2	智能交通车车/车路主动安全应用的频率需求和相关干扰共存研究	已发布。该课题的目标是研究用于解决汽车安全应用时的可用频率范围及其适用性研究。研究内容包括：车车/车路主动安全应用场景、国际车车/车路主动安全应用候选技术和频率使用情况调研、车车/车路主动安全应用的频率需求和候选频段及车车/车路主动安全应用的候选频率的相关共存问题研究
3	5.9 GHz 频段基于 C-V2X 直连通信的智能交通频谱兼容性研究	报批稿。该课题的目标是研究 5.9 GHz 频段基于 C-V2X 直连通信的智能交通的可用频率范围及其和相邻业务的兼容性研究。研究内容包括：根据前期车—车/车—路主动安全研究的频谱需求和候选频段研究成果，进一步研究 5.9 GHz 候选频段基于 C-V2X 直连通信的智能交通应用于邻频/同频业务的兼容性问题，包括 RLAN 业务，在研究周期范围内可考虑其他业务相关进展进行 5.9 GHz 频段共存研究。5.9 GHz 频段基于 C-V2X 直连通信的智能交通频率的规划建议
4	5.9 GHz LTE V2X 通信系统内部干扰研究	该课题研究 LTE V2X 通信系统内部 RSU 和 OBU 间干扰问题，不涉及相关技术方案研究建议及频谱使用建议
5	车联网业务架构技术研究	该课题研究内容包括车联网业务架构的功能要求，包括但不限于对车联网网络以及各种车联网应用的连接管理，跨连接、跨运营商的支持、应用使能、设备管理、用户管理等，车联网端到端业务流程，展望未来支持自动驾驶的车联网业务架构的发展方向和需求
6	5G 高级自动驾驶应用中的关键支撑技术研究	该课题主要研究高级自动驾驶用例所需的关键技术以及对 5G 通信网络的影响与需求。主要涉及分布式感知、动态 HD-Map 高精度地图更新、分布式感知数据融合技术，例如高精度同步、边缘计算加速等，高级自动驾驶用例所需的 QoS 监测、预测和保证，高级自动驾驶用例中高精度定位信息的获取与交互，高级自动驾驶用例所涉及的其他关键技术，高级自动驾驶关键技术对 5G 通信网络的影响与需求
7	基于 5G NR 的车联网通信技术研究	该课题主要研究基于 5G 的车联网增强应用场景及需求分析、5G NR 无线通信技术以及基于 5G 通信的 V2X 架构
8	5G NR V2X 直连通信系统频率需求研究	本课题结合目前 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对未来频谱需求进行评估，研究了广播模式以及多播模式的业务建模以及频谱需求

速预警、道路危险状况提示、闯红灯预警、绿波车速引导、弱势交通参与者提醒）、V2V（vehicle to vehicle，车辆与车辆）通信场景（前向碰撞预警、盲区预警、异常车辆提醒）和安全机制验证场景（不可信 RSU（road side unit，路边单元）、OBU（on board unit，车载单元）伪造 RSI（road side information，路侧单元消息）和 BSM（basic safety message，基本安全消息））。四跨互联互通示范活动演示了不同级别的制造商（模块/设备/主机厂/安全平台）之间的互操作性，实现 LTE-V2X 通信安全身份认证机制，展现了我国 C-V2X 标准协议栈的成熟度以及 C-V2X 行业的成熟度，在技术层面展示 LTE-V2X 通信安全解决方案，推动建立安全可靠的 LTE-V2X 规模化应用环境。

从组织活动的层面看，设备的测试、路侧设施的改造、防控交通安全风险、对参与示范单位的协调、对活动的宣传以及收集体验人员的反馈等方面都会影响活动效果。此外，组织方在整个示范活动筹备和演示过程中也总结了经验并发现了一些问题，例如调试期间个别设备的通信性能不稳定、对标准的理解有偏差、CA（certificate authority，证书颁发机构）证书版本不一致或者证书过期、定位不准确、车辆发送消息的可靠性有待进一步提高等。这就需要在标准制定过程中，对技术要求和测试规程描述得更为明确，力求消除开发人员对标准理解上的歧义。为了进一步规范并快速指导车联网产业的发展，从技术标准制定角度，至少可以从车联网证书管理

机制、通信终端功能性能定义、业务标识等方面加快推进标准化进程。

4 完善技术标准助推规模化落地

我国高度重视与车联网相关的技术及产业发展,目前在关键技术、产业与政策等方面处于高速推进阶段。2019年是重点突破的先导示范之年,工业和信息化部向中国电信集团有限公司、中国移动集团有限公司、中国联合网络通信有限公司、中国广播电视网络有限公司发放5G商用牌照,先后支持江苏省(无锡市)和天津市(西青区)创建车联网先导区,并协同自然资源部支持北京市针对自动驾驶地图在政策、管理和技术等方面开展创新和应用试点工作。经过前期的充分准备,2020年将是稳扎稳打的车联网规模落地元年,新年伊始,中华人民共和国国家发展和改革委员会等11个部委就联合印发了《智能汽车创新发展战略》,以中国标准智能汽车为发展方向,以智能汽车强国为建设目标,进行了六大方面的任务部署,提出到2025年,与智能交通系统和智慧城市相关的设施建设取得积极进展,车用无线通信网络(LTE-V2X等)实现区域覆盖,新一代车用无线通信网络(NR-V2X)在部分城市、高速公路逐步开展应用,高精度时空基准服务网络实现全覆盖。

为支持我国车联网产业尽快规模化落地,相关的C-V2X技术标准仍需要在多个层面进行完善。对于LTE-V2X来说,消息层面的互通已经通过目前已发布和已报批的基于LTE的车联网无线通信系列标准实现。在这些实现通信功能的核心标准基础上,从实现应用功能的角度,车侧和路侧还需要加快制定信息交互系统的技术要求以及对应的测试方法,平台侧需要加快制定服务能力和接口技术要求以及对应的测试方法。从应用支撑和运营角度,需要明确应用分类原则,制定对应的应用标识标准以及长效动态维护机制,还需要尽快制定安全证书管理和安全认证技术要求。

从应用更好地服务于垂直行业的角度,需要不断探索新的有必要的应用场景,带动技术标准和产业向前发展。为了解除相关行业针对目前LTE-V2X尚未经过大规模测试的担忧,逐步扫清LTE-V2X商用道路上的技术障碍,在尽快完善标准的同时,2020年还应尽快筹备遵从LTE-V2X标准的大规模测试工作,验证大规模LTE-V2X通信设备背景条件下的LTE-V2X通信系统性能。对于NR-V2X来说,国内目前仅开展了应用场景和数据集的标准制定工作,频谱研究工作以及通信层面的标准制定工作才刚刚启动,但好在近年国内与LTE-V2X相关标准制定过程中形成的很多经验和思考都可以借鉴,包括对标准间相互依赖和制约的理解已经形成的跨行业协同机制和标准人才队伍等,一定会助力国内NR-V2X标准更快更好地完成制定工作。

5 结束语

本文梳理了国内外C-V2X标准化工作,针对四跨互联互通活动中总结的技术标准方面的问题,结合问题和挑战,提出了我国完善C-V2X技术标准助推规模化落地的参考建议。国内政府和车联网产、学、研各界都非常重视技术研发和标准制定,未来在技术标准的引领和推动下,期待国内车联网产业可以更加丰富和强大,持续健康向前发展。

参考文献:

- [1] 中国信息通信研究院,华为技术有限公司,电信科学技术研究院. 车联网白皮书[R]. 2017.
CAICT, Huawei Technologies Co., Ltd., CATT. Internet of vehicles white paper[R]. 2017.
- [2] 中国信息通信研究院. 车联网白皮书[R]. 2018.
CAICT. Internet of vehicles white paper[R]. 2018.
- [3] 中国信息通信研究院,国泰君安证券股份有限公司. 车联网白皮书(C-V2X分册)[R]. 2019.
CAICT, Guotai Junan Securities. Internet of vehicles white paper (C-V2X part)[R]. 2019.
- [4] 陈山枝,胡金玲,时岩,等. LTE-V2X 车联网技术、标准与应用[J]. 电信科学, 2018, 34(4): 1-11.



- CHEN S Z, HU J L, SHI Y, et al. Technologies, standards and applications of LTE-V2X for vehicular networks[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(4): 1-11.
- [5] 张天, 汤利顺, 王彦聪, 等. C-V2X 标准演进及产业化综述[J]. 汽车文摘, 2020(2): 22-28.
- ZHANG T, TANG L S, WANG Y C, et al. Overview of C-V2X Standards Evolution and Industry Architectures [J]. Automotive Digest, 2020(2): 22-28.
- [6] 陈维, 李源, 刘玮. 车联网产业进展及关键技术分析[J]. 中兴通讯技术, 2020(4): 1-13.
- CHEN W, LI Y, LIU W. Industrial Progress and key Technologies of Internet of Vehicle[J]. ZTE Technology Journal, 2020(4): 1-13.
- [7] 汤立波. 车联网产业发展分析[J]. 中兴通讯技术, 2020(2): 1-8.
- TANG L B. Analysis of the development of the Internet of vehicles industry[J]. ZTE Technology Journal, 2020(2): 1-8.
- [8] 汤立波, 康陈. 车联网产业融合发展趋势. 电信科学, 2019, 35(11): 96-100.
- TANG L B, KANG C. Integration development trend of the internet of vehicles industry[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(11): 96-100.
- [9] 许恒昌, 马聪, 王小月. 车联网产业发展及电信运营商机遇分析[J]. 信息通信技术与政策, 2019(12): 26-30.
- XU H C, MA C, WANG X Y. Development of vehicle networking industry and analysis of opportunities for telecom operators[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2019(12): 26-30.
- [10] 于润东, 余冰雁, 李新洲, 等. C-V2X 标准化进展与测试验证[J]. 信息通信技术与政策, 2018(7): 61-65.
- YU R D, YU B Y, LI X Z, et al. C-V2X standardization and testing progress[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2018(7): 61-65.
- [11] 葛雨明, 刘丽娜, 林欢. 车联网加速实现自动驾驶功能的应用和产业化发展[J]. 电信网技术, 2017(6): 29-32.
- GE Y M, LIU L N, LIN H. Vehicle internet of things speeding up the application and industrialization of automated driving functions[J]. Telecommunications Network Technology, 2017(6): 29-32.
- [12] 吴冬升. 从四跨测试看车联网产业现状和趋势[J]. 通信世界, 2019(30): 28-31.
- WU D S. Current situation and trend of internet of vehicles industry from four span test of intelligent IoT[J]. Communications World, 2019(30): 28-31.
- [13] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specification group radio access network; overall description of radio access network (RAN) aspects for vehicle-to-everything (V2X) based on LTE and NR (Release 16): TR37.985 V1.0.0[S]. 2019.

[作者简介]



林琳 (1983-), 女, 博士, 中国信息通信研究院高级工程师, 主要从事车联网领域的政策、产业、标准和前沿技术研究工作。



李璐 (1985-), 女, 中国信息通信研究院工程师, 主要从事车联网、工业互联网领域的相关政策、产业研究工作。



葛雨明 (1985-), 男, 博士, 中国信息通信研究院主任工程师、高级工程师, 主要从事车联网、自动驾驶、工业互联网领域的相关政策、产业、标准和前沿技术研究工作。