

车联网高层协议关键技术

Main Technologies Adopted in High Layer Protocol for Internet of Vehicles



罗薇 /LUO Wei, 汪梦珍 /WANG Mengzhen, 许玲 /XU Ling

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518057)
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

摘要: 为了进一步提高车用无线通信 (V2X) 技术的资源效率, 对于网络侧调度式资源分配的方式, 提出了用户设备 (UE) 上报辅助信息、配置 / 激活多个半静态调度 (SPS) 资源的方案; 对于 UE 自主资源选择方式, 提出了资源重选和预留的策略。另外, 还提出了拥塞控制技术和支持 Sidelink 载波聚合技术, 以分别用来降低资源冲突的概率, 达到更高效的车联网资源利用效率。

关键词: V2X; UE 自主资源选择; 拥塞控制; 载波聚合

Abstract: To improve the resource efficiency in vehicle to everything (V2X) communication, the scheme of reporting user equipment (UE) assistant information and configuring/activating multiple semi-persistent scheduling (SPS) resources for network side scheduling resource allocation is proposed in this paper. A strategy of resource reselection and reservation for the UE autonomous resource selection is also proposed. In addition, congestion control technology is proposed to reduce the probability of resource conflict, and Sidelink carrier aggregation technology is supported to achieve more resource utilization efficiency of the V2X communication.

Keywords: V2X; UE autonomous resource selection; congestion control; carrier aggregation

DOI: 10.12142/ZTETJ.202001008

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20200213.0735.002.html>

网络出版日期: 2020-02-13

收稿日期: 2019-12-22

随着通信技术的发展及需求的丰富, 无线通信的应用场景日益广泛, 其中比较典型的是车联网^[1]。车联网指车辆可以参与到无线通信中, 通过利用先进的无线蜂窝通信技术, 实现车到车 (V2V)、车到基础设施 (V2I) 的实时信息交互, 告知彼此的当前状态 (包括车辆的位置、速度、加速度、行驶路径) 及获知的道路环境信息, 协作感知道路危险状况, 及时提供多种碰撞预警信息, 防止道路交通安全事故的发生。车联网通信根据车辆对端通信节点类型具体分为 4 种通信模式: V2V、V2I、车到网络

(V2N) 和车到人 (V2P), 如图 1 所示, 这 4 种统称为车用无线通信 (V2X) 技术通信^[2-4]。

在基于移动通信系统的 V2X, 为了区别于传统的用户设备 (UE) 终端与基站之间的上行链路和下行链路, 车辆终端与其他节点 (除基站) 之间的通信链路被称为 Sidelink。本文中, 我们主要针对 V2X 通信中的 Sidelink 资源分配进行分析。

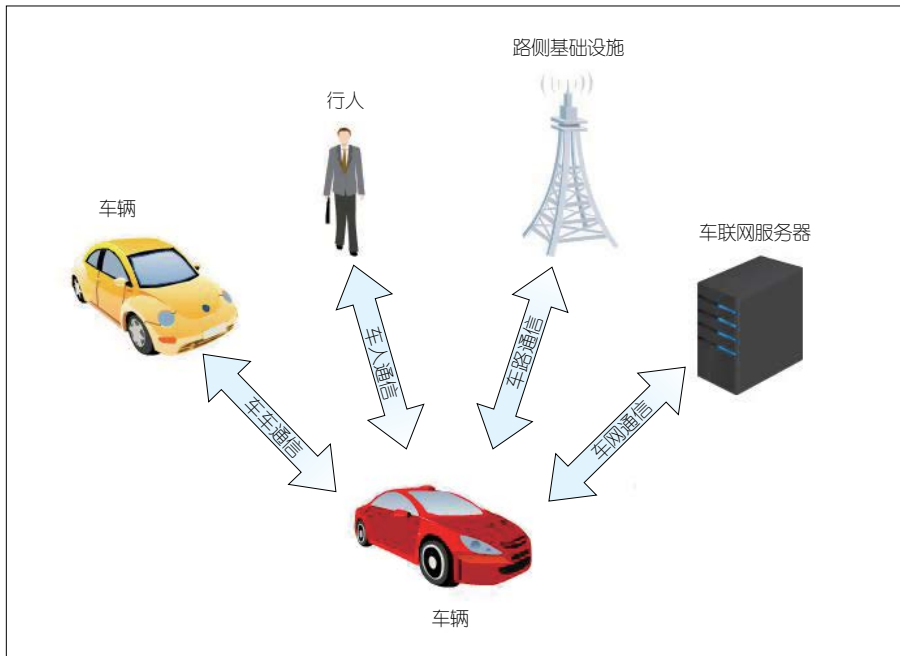
1 车联网资源分配方案

在 V2X 标准中, 支持网络侧集中式调度 Sidelink 资源以及竞争式 UE 自

主选择 Sidelink 资源 2 种资源分配方案。其中, 基于竞争的 Sidelink 资源方案可以更广泛地应用于没有移动通信系统覆盖的地区, 从而保障了基于移动通信系统的 V2X 通信方案具有扩展性, 适用于所有车联网通信场景^[5]。

1.1 基于网络侧调度的资源分配

对于基于网络侧调度的资源分配, UE 须进入无线资源控制 (RRC) 连接状态向基站请求 Sidelink 传输资源^[6]。UE 通过向基站发送 Sidelink UE 信息来请求资源, 基站接收到该消息后得知该 UE 为车联网 UE, 则为该 UE



▲图1 车联网通信

执行相关授权，授权通过后为 UE 分配用于车联网通信的 Sidelink 资源。考虑到 V2X 消息在很多情况下具有周期发送的特点，为了节省信令开销并缩短延时，半静态调度（SPS）成为一种较为合适的调度方式。UE 可能同时需要发送多种 V2X 消息且各种消息的周期、大小不同。如果网络侧可以根据 UE 业务的产生情况，为其分配合适的周期、子帧偏置以及包大小，那么就可以最合理地分配资源且产生最小的延时。为达到这个目的，文章中我们提出 UE 上报辅助信息的方案，告知网络侧其期望的资源周期、大小等，用于帮助网络侧配置以及激活一个或多个合适的 SPS 进程，同时网络侧也可以为 UE 配置并且同时激活一个或多个 SPS 进程以满足多业务的需求。

1.2 UE 自主资源选择

UE 进行自主资源选择时，会基于一定的资源选择规则自主地从资源池中选择资源以传输 Sidelink 控制消息以及数据^[7]。对于 RRC 空闲态

UE，可以通过系统消息获取 V2X 通信配置信息，具体包含 V2X 发送资源池信息、接收资源池信息及 V2X Sidelink 通信其他必要信息；对于 RRC 连接态 UE，如果被基站配置为使用 UE 自主选择资源的模式，则 UE 传输 Sidelink 控制消息以及数据的发送资源池通过基站的 RRC 专有信令获得。为了让相邻区域的 UE 之间不会产生干扰同时减缓远近效应带来的问题，第三代合作伙伴计划（3GPP）将全世界范围的区域划分为一个个矩形区域，称之为 zone。若资源池被配置有相关联的 zone，则 UE 还需要通过网络侧获取 zone 配置信息计算当前所处 zone，并选择当前所处 zone 对应的 V2X 发送资源池。通过这种方式来实现邻近的 UE 使用相同的资源池而相邻区域的 UE 使用不同的资源池。

为了避免不同 UE 选择的资源产生冲突，在 V2X UE 选择确定所使用的资源之前，UE 需要在资源检测窗口内对 Sidelink 可用资源进行检测，判断出其中已被其他 UE 使用的资源

以及可能空闲的资源。然后，在满足 Sidelink 数据发送需求的资源选择窗口中选择合适的资源进行发送。Sidelink 业务具有一定的周期性，其资源控制指示信息中包含对后续资源使用的预留指示；因此，发送 UE 能够通过对检测窗口内检测到的 Sidelink 信号及信息情况来预测后续资源选择窗口中的资源使用情况，并基于此选择资源，从而达到尽可能避免资源选择冲突的目的。如果 UE 预留多个资源，那么 UE 可以根据业务到达规律选择合适的传输间隔。如果 UE 无法预估数据到达的准确时间，也可以根据时延需求来预留资源。对于时延敏感型业务，即使数据还未到达，也可以通过一个单独的资源控制指示信息提前预留资源，并在该资源控制指示信息中携带预留资源将承载的业务优先级信息。当其他 UE 检测到该资源控制信息时，则根据彼此待传业务之间的优先级高低来选择是否避让该预留。

当 UE 处于异常情况时，例如 UE 检测发生了无线链路失败、UE 正在执行 RRC 连接重建、UE 在切换过程中或 UE 发现资源检测的结果不可用时，如果网络侧配置了异常资源池，UE 可以使用异常资源池中的资源进行 V2X 通信。为了减少异常情况下 V2X 通信中断时间，满足 V2X 业务时延需求，异常资源池使用随机选择方式选择资源，对异常资源池进行监听。

1.3 拥塞控制

在车辆高密度场景下，如出行高峰期、交通路口或发生交通事故的地方，较多车辆会产生较多的 V2X 消息且有些 V2X 消息的发送频率较高，那么就会有大量 V2X 消息需要传输。而 V2X 资源是有限的，那么就可能出现拥塞。为了缓解并控制拥塞，车联网为 Sidelink 拥塞测量定义了信道繁

忙度 (CBR) 参数, 即 Sidelink 在其资源池中一段时间内的接收信号强度 (S-RSSI) 超过 (预) 配置门限值的子信道的比例。UE 可通过基站配置或预配置的方式获得 CBR 测量配置信息, 具体包括 S-RSSI 门限值、要执行 CBR 测量的资源池信息、用于发送参数自适应调整的映射表等。空闲态以及连接态的 UE 都可进行 CBR 测量, 并根据 CBR 的测量结果和业务的优先级来自适应调整发送参数。其中, 发送参数包括最大发送功率、重传次数范围、资源块数量范围、调制编码方式范围等。此外, 连接态 UE 可根据基站配置进行 CBR 测量结果上报, 以使基站可获得 Sidelink 资源池的使用情况并调整资源池配置。通过这种方式, UE 能够基于 Sidelink 资源池的拥塞情况来调整 Sidelink 发送参数配置, 从而达到拥塞控制的目的。

2 Sidelink 载波聚合

随着第 1 阶段支持 V2X 通信基本功能的标准制订完成, V2X 应用场景进一步扩展以支持更高的业务性能需求, 如更低时延、更高可靠性、更高数据率需求。为了满足高级 V2X 业务的更高性能需求, V2X 标准提出支持 Sidelink 载波聚合的目标。

V2X Sidelink 通信支持至多 8 个载波的载波聚合。Sidelink 载波聚合中没有主载波单元与辅载波单元的概念。Sidelink 载波聚合包括 Sidelink 数据分流和 Sidelink 数据复制 2 种应用场景。如果支持 Sidelink 载波聚合的 UE 使用竞争式资源选择, UE 须首先选择用于 V2X Sidelink 通信的一个或多个载波。

2.1 载波选择及重选

V2X 业务类型与 V2X 频点之间的映射关系由上层配置。UE 基于高层提供的 V2X 业务类型与 V2X 频点之间的

映射关系, 确定待传输 V2X 数据所在 Sidelink 逻辑信道的可用载波集合。媒体接入控制 (MAC) 子层基于可用载波上的 CBR 及待传输 V2X 数据所在 Sidelink 逻辑信道的优先级进行载波选择, 确定 Sidelink 逻辑信道所使用的一个或多个载波。具体来看, UE 分别测量 Sidelink 逻辑信道的可用载波集合中各个可用载波上的 CBR, 并与基站配置或预配置的载波选择 CBR 阈值进行比较。其中, 该载波选择 CBR 阈值是与当前 Sidelink 逻辑信道优先级相关联的。若可用载波上的 CBR 测量值小于载波选择 CBR 阈值, 则将当前载波作为一个候选载波; 若有多个候选载波, 则按照候选载波 CBR 测量值升序 (由小到大) 选择一个或多个最终所使用的载波, 具体选择多少个载波由 UE 基于自身能力决定。

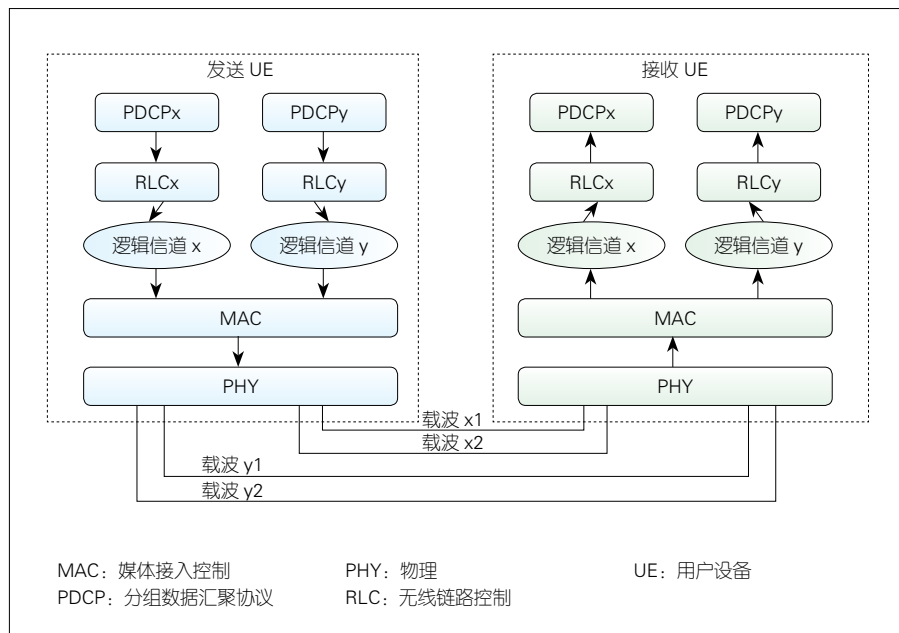
Sidelink 资源重选触发时会触发载波重选。为了避免因频繁地在不同载波间切换而导致的转换时间及资源浪费, UE 应尽可能继续使用当前所使用的载波即重选当前载波, 在当前载波上进行 Sidelink 资源重选。具体来看,

当载波重选触发时, UE 首先检测是否可继续使用当前所使用的载波, 并将当前载波 CBR 测量值与基站配置或预配置的载波保持 CBR 阈值进行比较。其中, 该载波保持 CBR 阈值是与当前 Sidelink 逻辑信道优先级相关联的。若当前载波 CBR 测量值小于载波保持 CBR 阈值, 则 UE 可继续使用当前载波, 否则, 当前载波处于拥塞状态不适宜继续被使用, UE 会按照上述载波选择机制重选新的载波。

2.2 Sidelink 数据分流

高级 V2X 业务具有更高的端到端数据传输速率需求。通过载波聚合方式, 将 V2X 数据包分流到多个载波传输, 可以实现更大的传输带宽, 有效提高 Sidelink 数据传输速率。Sidelink 数据分流具体如图 2 所示。

如果支持 Sidelink 载波聚合的 UE 使用竞争式资源选择, UE 则按照载波选择及重选机制确定 Sidelink 逻辑信道所使用的一个或多个载波。若选择了多个可使用的载波, 则 UE 可将该 Sidelink 逻辑信道的 V2X 数据分流到



▲图 2 Sidelink 数据分流示例图

这多个载波上进行传输。

如果支持 Sidelink 载波聚合的 UE 被配置基站调度资源, 基站基于 UE 上报的感兴趣的发送频点和 V2X 业务标识信息, 以及 Sidelink 缓存状态报告 (BSR) 中的 V2X 业务标识索引信息、逻辑信道组和缓存数据量, 自主确定 Sidelink 逻辑信道对应的可用频点, 并在可用频点上为 UE 分配 Sidelink 资源, 具体在哪些可用载波上各分配多少资源属于基站决策。

2.3 Sidelink 数据复制

对于具有超可靠低时延需求的高级 V2X 业务, 数据复制可以利用频域分集增益在多个载波上传输相同的 V2X 数据包提高可靠性。

Sidelink 数据复制在分组数据汇聚协议 (PDCP) 层执行^[8]。1 个 PDCP 实体对应 2 个 RLC 实体并关联 2 个逻辑信道。对于数据复制传输, 每个 PDCP 协议数据单元 (PDU) 在 PDCP 实体中被复制, 原 PDCP PDU 和复制

的 PDCP PDU 分别递交到关联的 2 个 RLC 实体及逻辑信道进行传输, 并且只能通过不同的载波传输^[9]。图 3 给出了 Sidelink 数据复制示例。

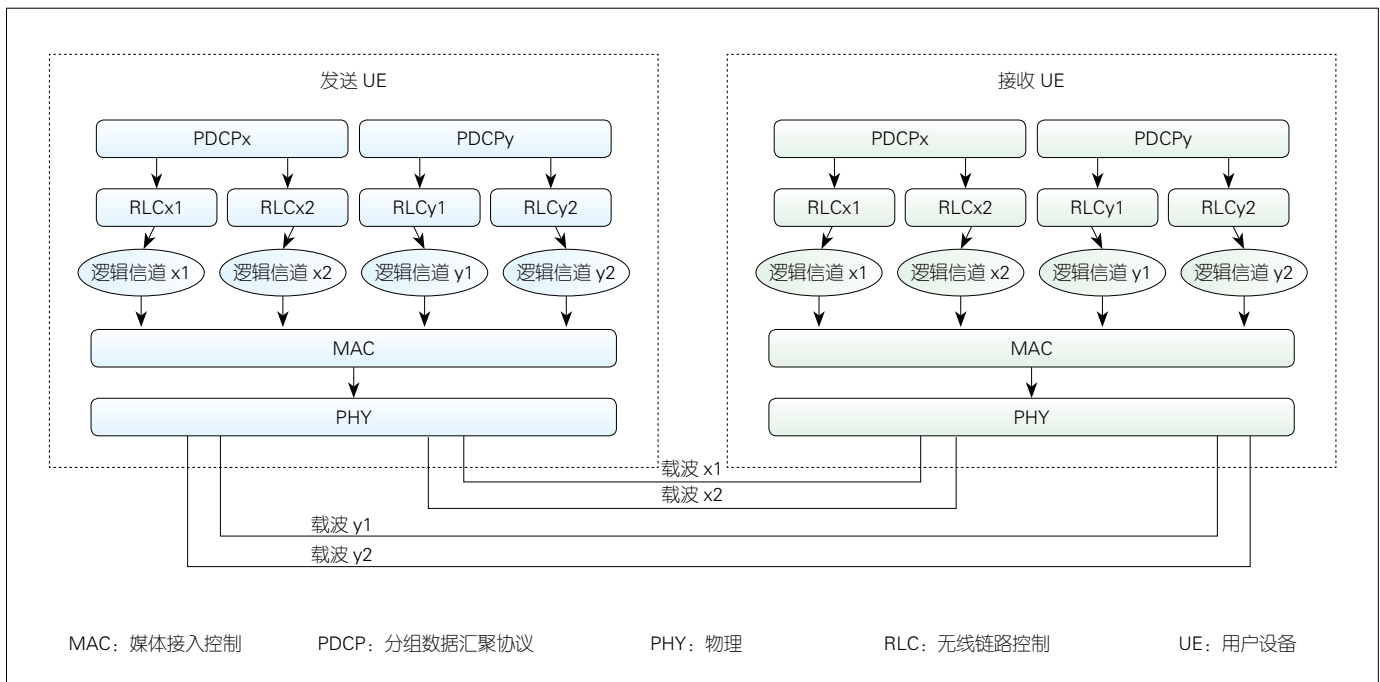
UE 根据基站配置或预配置的可靠性阈值决定激活或去激活 Sidelink 数据复制。当 V2X 数据关联的可靠性级别高于基站配置或预配置的可靠性阈值时, 则激活 Sidelink 数据复制; 对于之前正在进行数据复制传输的 V2X 数据, 如果其关联的可靠性级别低于当前配置的可靠性阈值, 则去激活 Sidelink 数据复制。

对于基站调度资源模式, 基站基于 UE 上报的 V2X 业务对应的可靠性级别列表、感兴趣的发送频点和 V2X 业务标识信息^[10], 配置可靠性级别与逻辑信道组的映射关系, 并配置允许进行 Sidelink 数据复制的可靠性阈值, 并为每个 V2X 业务标识配置 2 组互不重叠的载波集合用于 Sidelink 数据复制传输。UE 将对应同一 PDCP 实体的 2 个逻辑信道分别关联到这 2 组载波

集合, 这 2 个逻辑信道分别关联到哪个载波集合由 UE 自主实现。

UE 通过 Sidelink BSR 上报一个或多个可靠性级别的缓存数据量及数据所属 V2X 业务标识。基站通过 Sidelink BSR 中的逻辑信道组标识获知对应的可靠性级别, 并根据配置的可靠性阈值, 知道逻辑信道组中的逻辑信道是否要进行数据复制传输。如果逻辑信道组关联的可靠性级别高于可靠性阈值则要进行数据复制传输, 基站在对应的 2 组互不重叠的载波集合上分别配置所请求的资源量, 具体各个载波上分配多少 Sidelink 资源由基站决策。

用于原 PDCP PDU 和复制的 PDCP PDU 传输的 2 个逻辑信道是一一对应的, 接收端 UE 根据逻辑信道标识可识别哪 2 个逻辑信道用于同一数据复制传输, 从而将关联的 2 个逻辑信道的数据递交到对应的同一 PDCP 实体。接收端 UE PDCP 实体进行重复包检测, 丢弃重复的数据包, 并进行



▲ 图 3 Sidelink 数据复制示例图

重排序, 将数据包按序递交给上层协议实体。

3 结束语

本文中, 我们阐述了基于移动通信网络的车联网通信中的 Sidelink 资源分配方案, 包括移动通信网络中传统的基站调度式资源分配方案以及基于竞争的 UE 自主资源选择方案。

为了提高车联网通信的资源效率, 对于网络侧调度式资源分配的方式, 提出了上报 UE 辅助信息, 同时配置和激活多个半静态调度资源的方案; 对于 UE 自主选择资源方式, 提出了降低资源冲突概率的资源选择策略。另外, 我们还提出了拥塞控制方案和支持 Sidelink 载波聚合方案以进一步提高车联网资源利用效率和可靠性等性能。

在长期演进 (LTE) -V2X Sidelink 广播通信的基础上, 5G 新空口 (NR) -V2X 针对 5G NR Sidelink 单播和组播通信进行了设计, 以进一步增强资源分配方案性能。我们建议下一步工作可以重点研究支持 Sidelink 单播和组播的反馈机制以提高传输的可靠

性, 支持更加精细化的服务质量 (QoS) 管理机制以优化资源分配方案, 支持 UE 之间的协调调度方案, 以及包括非连续接收在内的车联网节能方案。

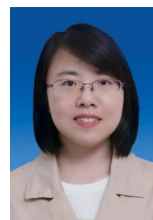
参考文献

- [1] 基于 LTE 的车联网无线通信技术 [R]. 中国通信标准化协会, 2018
- [2] 陆平, 李建华, 赵维铎. 5G 在垂直行业中的应用 [J]. 中兴通讯技术, 2019, 25(1): 67-74. DOI:10.12142/ZTETJ.201901011
- [3] 3GPP. Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) Services: TS 22.885[S]. 2018
- [4] 3GPP. Study on Architecture Enhancements for LTE Support of V2X Services: TS 23.285[S]. 2018
- [5] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description: TS 36.300[S]. 2018
- [6] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification: TS 36.331[S]. 2018
- [7] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) Protocol Specification: TS 36.321[S]. 2018
- [8] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Packet Data Convergence Protocol (PDCP) Specification: TS 36.323[S]. 2018
- [9] 3GPP. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Link Control (RLC) Protocol Specification: TS 36.322[S]. 2018
- [10] Sidelink 数据复制方案分析 [R]. 中兴通讯, 2017

作者简介



罗薇, 中兴通讯股份有限公司技术预研高级工程师; 主要研究领域为 LTE 系统及 5G 系统中的车联网通信技术; 申请专利 10 余项。



汪梦珍, 中兴通讯股份有限公司技术预研高级工程师; 主要研究领域为 LTE 系统及 5G 系统中的车联网通信技术; 申请专利 10 余项。



许玲, 中兴通讯股份有限公司无线标准总监, 担任 CCSA-TC5-WG3 副组长、CCSA-TC10 车联网子组副组长; 负责中兴通讯 5G 行业应用、车联网相关的 3GPP、5GAA、C-ITS、CCSA、CSAE 等标准工作; 牵头 IMT-2020(5G)推进组 C-V2X 工作组多个课题的研究, 长期参与 3GPP、CCSA、5GAA、CSAE、CITS 等全球标准组织活动; 作为主要人员参与的“基于 LTE 的宽带集群总体技术要求系列标准”获得 CCSA 2017 年度科学技术一等奖; 发表多篇文章, 申请 20 余项发明专利, 提交标准 10 余项。