



V2X 通信研究概述

方箭¹, 冯大权², 段海军², 郑灿健³, 钱恭斌²

(1. 国家无线电监测中心, 北京 100037; 2. 深圳大学, 广东 深圳 518060;
3. 哈尔滨工业大学(深圳), 广东 深圳 518055)

摘要: 车联网以信息通信技术为出发点, 集成了车辆、路边基础设施、通信、定位等多项前沿技术和设备, 能有效提高行车安全, 提升交通效率, 还能为车辆用户全方面提供各类信息服务, 给汽车行业带来了前所未有的机遇和挑战。首先概述了 V2X 通信的背景和特点及其应用; 介绍了 V2X 通信的发展历程; 然后介绍了 V2X 的技术标准, 其中着重阐述了 LTE-V2X 标准的制定以及 5G V2X 的体系结构; 最后探讨了 5G 车联网的高可靠低时延、车辆安全和隐私保护以及驾驶安全等现存问题, 并进行了总结。

关键词: 车联网; V2X 通信; 5G; DSRC; LTE-V2X

中图分类号: TN929

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019167

An overview of V2X communications

FANG Jian¹, FENG Daquan², DUAN Haijun², ZHENG Canjian³, QIAN Gongbin²

1. The State Radio Monitoring Center, Beijing 100037, China

2. Shenzhen University, Shenzhen 518060, China

3. Harbin Institute of Technology (Shenzhen), Shenzhen 518055, China

Abstract: Internet of vehicles, which integrates cutting-edge technologies and devices in the fields of vehicles, road-side infrastructure, communications, positioning, etc., has been considered as a promising technology to solve the road safety problems. With the advanced information and communication technologies, V2X can greatly improve driving safety, enhance traffic efficiency and comprehensively provide various information services. Thus, it brings unprecedented historical opportunities and challenges to the automobile industry. The state-of-art research on V2X communications was overviewed. Firstly, the background and the characteristics and application scenarios of V2X communication were briefly introduced. Secondly, the development course of V2X communication were outlined. Then, the technical standard of V2X was presented, with emphasis on LTE-V2X and the 5G V2X. Finally, some open problems such as high reliability and low latency, vehicle safety and privacy protection and driving safety of 5G V2X were discussed and concluded.

Key words: internet of vehicles, V2X communication, 5G, DSRC, LTE-V2X

收稿日期: 2019-05-18; 修回日期: 2019-06-06

通信作者: 冯大权, fdquan@szu.edu.cn

基金项目: 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2018ZX03001025); 国家自然科学基金资助项目 (No.61701317)

Foundation Items: The National Science and Technology Major Project (No.2018ZX03001025), The National Natural Science Foundation of China (No.61701317)

1 引言

根据世界卫生组织《2018 年道路安全全球现状报告》^[1], 全球每年道路交通碰撞造成近 135 万人死亡, 每天将近 3 700 人死亡, 另有 2 000 万~5 000 万人遭受伤害甚至致残, 交通事故是 15~29 岁人群事故身亡的首要原因。报告同时指出, 道路交通事故是全球所有年龄段人口的第八大死亡原因, 如不采取有效行动, 将无法实现“2020 年全球道路交通碰撞伤害和死亡数量减半”这一宏伟目标。此外, 道路交通伤亡也给各个国家的经济和相关家庭造成了沉重负担。道路交通事故给各国造成的费用损失高达国内生产总值的 3%, 而在低收入和中等收入国家约达 5%。2019 年 1 月《人民日报》中公安部公布的数据显示^[2], 2018 年全国道路交通事故死亡人数比 2017 年减少 578 人, 下降 0.9%。虽然死亡人数比例有所下降, 但是道路交通事故死亡人数总量仍然很大。所以, 如何减少交通事故、降低死亡人数成为一个全球关注的问题。

根据人民网《2018 年国民经济和社会发展统计公报》的统计数据^[3], 2018 年年底, 我国民用汽车保有量 24 028 万辆 (包括三轮汽车和低速货车 906 万辆), 比上年末增长 10.5%, 其中私人汽车保有量 20 730 万辆。随之而来的交通拥堵和道路交通安全问题更加严重, 迫切需要先进的信息技术来解决相关问题。

智能化交通运输系统 (intelligent transport system, ITS), 是通过集成信息技术、无线传输技术、智能传感技术、自动控制技术以及计算机系统技术和系统工程技术等多项先进技术, 并应用于整个交通运输系统而建立起来的全方位、适时、精准高效的综合交通运输和管理系统。ITS 能高效地利用现有的交通基础设施, 减少交通道路负荷和拥塞; 同时能提前发出各种交通安全预警信息, 保障交通安全并提高运输效率。因此,

ITS 被认为是未来交通系统的发展方向, 受到了广泛关注。

V2X (vehicle to everything) 通信技术旨在通过车辆及路边基础设施间的协同通信来提高驾驶安全性、减少拥堵以及提高交通效率等, 是 ITS 的关键技术之一。

根据市场结果分析, 继手机和电脑之后, 车辆已经成为世界上第三大联网设备。由于海量的消费群体和强烈的用户需求, 我国车联网产业的规模化发展找到了机遇^[4]。随着我国 5G 技术的推广以及道路基础设施的快速发展, 未来的汽车交通朝着更加智能化和网络化发展, 5G 的超可靠性、低时延、切片网络等关键技术为车联网提供强有力的支撑, 使车联网的体系结构得到优化, 进一步激发了车联网的市场潜力^[5-6]。然而随着汽车保有量的不断增长, 道路承载容量在一些城市已达到饱和状态, 交通安全、出行效率和环境保护等问题备受关注^[7]。通过 V2X 通信, 车辆能够自主地与附近其他车辆和路边基础设施通信, 获得实时路况和道路信息以及行人信息等一系列交通信息, 从而实现汽车的安全高效行驶, 减少交通事故的发生, 提高道路利用率, 缓解交通压力以及提供道路安全紧急救助信息和丰富的娱乐信息, 以提升驾驶体验^[8-9], 并将为各种新型道路安全和驾驶辅助应用打开大门。然而, 将启用无线功能的车辆连接到外部实体会使 ITS 应用程序易受到各种安全威胁^[10], 从而影响驾驶员的安全。因此, V2X 的研究受到产业界和学术界的广泛关注。

欧洲、美国、日本等地区和国家较早进行了智能交通和车辆信息服务的研究与应用, 目前欧洲地区依然保持着全球车联网市场的领跑地位。而我国进入车联网行业较晚, 国内车辆智能网联技术仍处于发展的初级阶段, 但是车联网的发展已引起政府高度重视, 车联网标准制定已提至国家层面。2018 年 6 月, 工业和信息化部 (以下简



称工信部)及国家标准委员会颁布《国家车联网产业标准体系建设指南(总体要求)》,解决了车联网产业发展痛点,车联网标准有望在2020年制定。2018年10月,工信部发布了《车联网(智能网联汽车)直连通信使用5 905~5 925 MHz频段管理规定(暂行)》的通知,明确将5 905~5 925 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。2018年12月,工信部发布了《车联网(智能网联汽车)产业发展行动计划》,明确分阶段实现车联网产业高质量发展的目标。

2 V2X通信的特点及应用

V2X通信主要通过装载在车辆上的传感器等芯片技术和通信模块来检测车辆周围的交通状况,获得系统负载状态等一系列重要信息,与此同时,利用全球定位系统(global positioning system, GPS)来实时获得车辆的位置,并指引车辆始终行驶在最优路线^[11-12]。此外,由于V2X通信主要基于终端直联(device-to-device, D2D)通信技术,因此V2X通信可以将自身获得的信息传输给邻近的其他实体,从而实现端对端的传输,通过这种信息的分享方式从而构成整个车联网系统^[13-14]。正是由于车联网系统的信息共享,车辆可以有效地预测前方的道路信息,并自动选择最优行驶路线,从而避开拥堵路段^[4,15]。具体而言,根据通信对象不同,V2X通信可以划分为车辆对车辆(vehicle to vehicle, V2V)通信、车辆对基础设施(vehicle to infrastructure, V2I)通信以及车辆对行人(vehicle to pedestrian, V2P)通信3种方式^[16]。

在V2V通信模式中,车辆主要与其他车辆进行通信。由于通信的双方往往处于高速运动的情景下,因此V2V通信模式对于车辆所在的定位信息也具有更加严格的要求。同时在高速运动的场景下,信道和通信环境也更为复杂,因此V2V通

信模式的研究也更为复杂,现有的V2X通信相关研究也大多集中在V2V通信模式中。又由于车辆与车辆间的通信基于D2D通信,所以V2V通信模式不需要借助网络设施(如基站等)即可实现,大大降低了车辆到车辆之间的传输时延,这也使V2V通信模式更加高效^[17]。同时车辆自身所配置的各式各样的传感器,使车辆可以实时地感应汽车当前的速度方向和位置以及与其他汽车之间的安全距离等,并利用V2V通信模式传输相关的安全信息给周围的其他汽车。当其他车辆接收相关的安全信息时,能对周围的交通环境进行预判,从而避免了交通事故的发生,因此,V2V传输模式特别适合传输一些紧急信息。相对于传统的接入互联网产生的费用,V2V通信模式不需要通过基站,也不会产生相关费用,同时减少了基站的通信负载,使其更具竞争力^[18]。

在V2I通信模式中,汽车主要与路边单元(road side unit, RSU)进行通信,如交通信号灯、路牌等。具体地,交通中心首先利用V2I通信模式接收各条道路上的有关信息,包括道路状况、汽车流量以及事故信息等。同时,交通中心利用这些接收的交通信息分析各个街道的拥堵状况,从而有效地指挥各条道路上的交通。此外,车辆也可以利用V2I通信模式,迅速了解车辆周围的各种设施信息(如加油站、商场等),还可以通过路边单元使车辆迅速接入互联网中,从而接收各种娱乐多媒体信息(如高清视频、音乐和社交信息等)。V2I通信模式可以有效地避免车辆成为通信网络的一个孤立节点,减小了车辆通信中车辆对其他车辆的依赖性。由于通信信道的频率选择性和快速时变衰落特点,V2I通信模式在车辆较少的场景下或者网络结构不太复杂的情况下将更具优势^[19-20]。

在V2P通信模式中,车辆主要与行人身上的智能设备进行通信,如智能手机、运动手环和智能手表等。相对车辆而言,行人的速度是缓慢的,

甚至是静止的, 因此 V2P 通信模式可以看成简化版的 V2V 通信模式, 信道和通信环境也相对比较容易分析。车辆利用 V2P 通信模式可以实时地感应车辆周围的行人位置信息, 通过预测行人的行走路线, 从而发出预警信息提醒驾驶员和行人, 能有效地避免交通事故的发生^[21-22]。

由于车辆间的协同通信性质, V2X 通信可用于交通参与者之间的信息交换, 并使合作驾驶能够避免事故, 同时提高交通效率, 被视为未来车辆的核心技术。通过车辆互联技术解决智能交通系统领域中一些大的挑战, 如安全、移动性和多变的环境。首先在不同的环境中, 安全性在设计与实现中被考虑, 参考文献[23]分析了合作车辆和道路安全系统中的隐私问题, 并提出了一种用于 V2X 通信的隐私感知架构。参考文献[24]提出了一种用于车辆通信系统的安全架构, 包括隐私、身份管理和数据一致性。参考文献[25]为 V2X 通信设计了动态协作的自组织网络和定位机制。参考文献[26]对安全、安保性能综合进行考虑并基于应用需求和背景, 提出了一种动态适应性方法, 以在智能交通系统中实现最大的安全性。

总体而言, V2X 通信下的常用场景模式如图 1 所示。

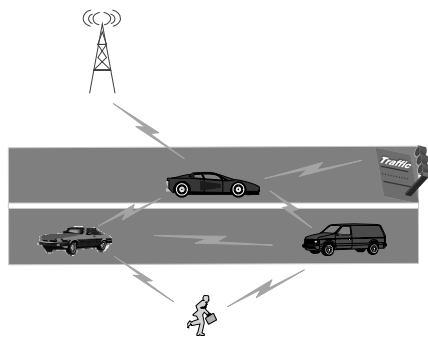


图 1 V2X 通信的常用场景模式

V2X 通信在道路安全服务、自动停车系统、紧急车辆让行以及自动跟车等一系列为车辆提供服务的场景中大量地应用。目前 V2X 通信主要讨论的有以下几个应用场景^[27]。

2.1 行驶安全服务

行驶安全服务是指利用 V2X 通信实时监测车辆周围的行人、车辆以及路边单元 (如交通信号灯等实体信息), 并且通过与其他车辆的信息共享使驾驶者迅速了解道路的安全信息以及交通状况, 从而提高对危险路段的警觉度, 规避交通事故的发生, 特别是在恶劣的天气环境下 (如暴雪、雾霾、台风等严重影响驾驶者观察周边道路的天气情况), V2X 通信提供的行驶安全服务至关重要。其中, 包括十字路口碰撞预警、紧急制动预警等典型的行驶安全应用场景。

(1) 碰撞预警

碰撞预警指在交叉路口或道路上, 路边设备 (RSU) 检测到有碰撞风险时, 将对受影响区域内的车辆发送告警信息; 或者, 车辆设备 (OBU) 探测到与侧向行驶的车辆有碰撞风险时, 通过预警提醒驾驶员以及发送碰撞告警信息给受影响车辆, 以避免碰撞。

该场景下若存在 RSU, 则需要 RSU 具备检测碰撞风险并发送预警信息的能力, 此外, 车辆需要具备广播 V2X 消息等能力, 与周围车辆建立通信联系。

(2) 紧急制动预警

紧急制动预警是指基于 V2V 通信, 当前方车辆紧急刹车时, 系统发出告警信息, 提醒后方车辆减速, 其中后方车辆包括一定范围内的所有车辆, 避免连环相撞。

该场景需要紧急制动车辆具备广播 V2X 消息的能力, 一定范围内的后方车辆具备接收 V2X 消息以及处理告警信息的能力, 车辆之间具备建立通信的能力。

2.2 交通效率服务

在城市的市中心等人口密集的区域有着大量的车辆, 但由于其交通效率不高, 容易造成交通堵塞, 特别是在上下班高峰期。与此同时, 由于道路本身已经造成堵塞, 随着新的车辆不断加入,



更加重了交通负担,从而造成恶性循环。移动车辆之间及时交换当前和即将到来的交通信息可以缓解道路拥堵和减少交通事故,最大限度地减少因交通堵塞而在高速公路上浪费的时间,并能降低燃料消耗^[28]。V2X 通信的最优化行驶路线服务通过车辆间的实时信息共享(包括道路的拥堵情况等信息),自动地帮助驾驶者寻找最优化的行驶路线,从而有效地规避了交通拥堵路段,大大提高了驾驶体验。交通效率服务包含有车速引导、车内标牌、协作式自适应巡航等具体的应用场景。

(1) 车速引导

车速引导是指 RSU 收集交通灯、信号灯的配时信息,并将信号灯当前所处状态及当前状态的剩余时间等信息广播给周围车辆。车辆收到该信息后,结合当前车速、位置等信息,计算建议行驶速度,并向车主提示。有助于提高车辆不停车并通过交叉口的可能性。

该场景需要 RSU 具备收集交通信号灯信息,并向车辆广播 V2X 消息的能力,周边车辆具备收发 V2X 消息的能力。

(2) 车内标牌

交通信息及建议路径是指 RSU 或基站向覆盖范围内车辆发送道路数据和交通标牌信息,给予驾驶员相应的交通标牌提示。

该场景需要 RSU 或基站具备广播 V2X 信息,车辆需要具备接收 V2X 消息并解析的能力。

(3) 协作式自适应巡航

协作式自适应巡航是指在高速公路等特定道路下行驶的车队巡航行驶,车队通过 V2X 通信,实现车队内部车辆之间速度、位置、状态等信息共享,保证车队行驶安全。

该场景需要车辆表明其活动状态以及具备广播 V2X 消息的能力,并具备与邻近车辆进行单播或多播通信的能力,能够实现信息的收发。

2.3 车载信息服务

车载信息服务是提高用户驾驶体验的重要应

用场景,是 LTE-V2X 应用场景的重要组成部分。信息服务其中包含紧急呼叫业务、汽车近场支付等具体的应用场景。

(1) 紧急呼叫业务

紧急呼叫业务是指当车辆出现紧急情况(如安全气囊引爆或侧翻等)时,车辆能自动或手动通过网络发起紧急救助,并对外提供基础数据信息,包括车辆类型、交通事故时间地点等。服务提供方可以是政府紧急救助中心、运营商紧急救助中心或第三方紧急救助中心等。

该场景需要车辆具备 V2X 通信的能力,能与网络建立通信联系。

(2) 汽车近场支付

汽车近场支付是指汽车作为支付终端对所消费的商品或服务进行账务支付的一种服务方式。汽车通过 V2X 通信技术路侧单元(RSU 作为受理终端)发生信息交互,间接向银行金融机构发送支付指令,再经过人脸识别或指纹识别验证进行货币支付与资金转移的操作,从而实现车载支付功能。

该场景需要 RSU 具备 V2X 通信能力,将支付场景可支持的支付消息和活动状态进行广播。车辆具备 V2X 通信能力,将支付请求发送给 RSU。

3 车联网发展历程

V2X 通信的应用与发展主要经历以下几个阶段^[29-33]。

20 世纪 90 年代,美国、欧洲和日本相继开展了基于 IEEE 802.11p 的 V2X 通信技术研究。

1999 年,美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission, FCC)规定 5.9 GHz 频率段为 V2X 通信专属频段。

2002 年,欧盟在 ECC/DEC/(02)01 决议中定义了基于车车/车路间的各种形式的信息传输的交通应用为 RTTT (road Transport and traffic

telematic system) 系统。

2004 年,日本启动的 smart-way 项目,主要研究 V2I 通信,其主要目的是减少交通事故,缓解城市交通拥堵。

2009 年,美国通过专用短程通信(dedicated short range communication, DSRC)技术协议标准,并且在美国交通运输部的监督下,对多款汽车进行了广泛的性能测试。

2010 年,日本在 700 MHz 频段为针对道路安全应用的 V2X 通信分配了专用频率资源,其物理层主要基于 IEEE 802.11p 技术。

2012 年,包括华为、中国移动以及大唐电信在内的一大批中国高科技公司开始推动并主导基于 LTE-V 的 V2X 通信解决方案在 3GPP 的研究。

2013 年,中国通信标准化协会发布了基于 LTE-V 的 V2X 通信解决方案的相应的工作项目。

2015 年年初,中国移动引领的 CCSA LTE-V2X 频谱研究项目正式启动。

2015 年 6 月,3GPP RAN 立项启动“基于 LTE 的 V2X”研究课题,正式启动了基于 LTE-V 的 V2X 通信解决方案的研究。

2015 年 8 月,3GPP 正式将 V2X 通信列入会议的探讨要点,并在之后的各种技术报告中对 V2X 通信技术进行了不断的完善。

2015 年年底,LTE-V 被 3GPP 组织纳入 Release 14 标准的制定中。

2016 年 3 月,韩国 LG 公司完成了 LTE-V2X 需求标准的项目研究。

2016 年 9 月,V2V 标准在 Release 14 中正式完成。

2016 年,韩国分配 5 855~5 925 MHz 共 70 MHz 频率用于支持智能交通中车辆安全相关应用的 V2V 和 V2I 通信,上述 70 MHz 频率以 10 MHz 为粒度划分为 7 个独立信道,其中 5 895~5 905 MHz 用于控制信道,其他 6 个信道均用于数据信道。

2016 年 11 月,中国将 5 905~5 925 MHz 频段

用于基于 LTE-V 的 V2X 通信试验。

2017 年 3 月,华为和大唐电信作为重要参与者,完成了关于 V2I 的标准制定。

2017 年 9 月,中国智能网联汽车产业创新联盟正式发布针对 V2X 通信应用层的团体标准。

2017 年 12 月,3GPP 正式批准了 Release 15 5G NR(5G new radio,5G 新的空中接口)非独立组网(non-stand alone,NSA)标准。

2018 年 6 月,3GPP 批准了 5G 移动通信技术的 5G Release 15 SA(stand alone,独立组网)标准。

2018 年年底,中国明确了车联网(智能网联汽车)直连通信工作频段和产业发展行动计划。

4 V2X 通信的技术标准

V2X 通信技术目前主要有基于 IEEE 802.11p 的 DSRC 标准与基于 LTE 蜂窝网络的 LTE-V 技术标准两种^[34],基于 5G 的蜂窝网络 5G V2X 的技术仍在标准化过程中。

(1) DSRC

DSRC 以 IEEE 802.11p 为基础,其中 IEEE 802.11p 由 IEEE 802.11 标准扩充而来,即 Wi-Fi 的扩展^[35]。此外 IEEE 802.11p 不但能支持 QAM(正交振幅调制)以及 PSK(相位移键调制)等关键调制技术,还支持 FEC(前向纠错码校正),用以避免信息在重传过程中所产生的时延。DSRC 中车辆对车辆通信以及车辆对基础设施通信主要利用了通用射频通信技术,从而在高速移动的场景中为车辆提供信息安全和中短距离传输服务。

基于 DSRC 的 V2X 通信系统主要包括两个 OBU(车载单元)与 RSU(路边单元)重要的组成部分。通过利用车辆与车载单元与路边单元的通信来实现车对车通信与车对基础设施通信之间的信息的双向传输,与此同时,路边单元在收集车辆信息后再通过网络将道路的交通情况以及车辆的行驶状况等信息上传至服务器。由于 V2X 通



信的相关应用往往与驾驶者和乘客的安全性相关,此外周围车辆的数量、车间距离、道路状况以及天气等都会对 V2X 通信的通信质量、通信速度以及可靠性产生极大的影响,因此与 V2X 通信相关的应用往往要求高可靠性与低时延性。IEEE 将 DSRC 的通信时延容许范围定在 50~100 ms,要求车辆在接收信息后能做出快速的反应^[36]。

(2) LTE-V

LTE-V 是指以 LTE 蜂窝网络为基础的 V2X 通信标准,能重复利用现有的蜂窝式基础设施与频谱资源,运营商等也同样不需要重新布置专用的路边单元以及提供专用频谱资源。目前华为、大唐电信以及高通等一系列厂商在努力推动着以 LTE 网络为基础的 LTE-V 技术。

针对基于 LTE-V 的 V2X 应用,现有两种不同的通信方式:LTE-V-Cell,即集中式,也称为蜂窝式,以基站为分布和控制中心,主要定义车辆对路边单元以及基础设施的通信方式;LTE-V-Direct,即分布式,也称为直通式,具体指车辆对车辆的直接通信,而不需要基站作为控制中心,在相关参考文献中分布式也经常表示为 LTE-D 和 LTE-D2D^[37-38]。

LTE-V-Cell 的关键性能指标主要包括:传输带宽最大可扩展到 100 MHz,上行链路的峰值速率为 500 Mbit/s,下行链路的峰值速率为 1 Gbit/s,反应时延小于 10 ms,控制时延小于 50 ms,最大支持车辆速度为 500 km/h,最大的通信范围与 LTE 最大通信范围一致。关于 LTE-V-Direct 的关键性能指标目前还没有详细的统一标准。

4.1 LTE-V2X 车联网标准及演进

基于车联网相关技术研究的迅速进展,国内、国际标准化组织对于车联网标准的研制也进展十分迅速。

(1) 3GPP LTE-V2X 标准进展

2015 年 2 月,在世界主流通信设备商和运营商的推动下,3GPP 正式开始 LTE-V2X 技术

标准化工作。设立了业务需求、系统架构、安全研究和空口技术 4 个技术工作组并开展工作。其中,业务需求由 SA1 工作组负责,定义了 LTE V2X 支持的业务要求,包含 27 个具体用例并给出了 7 种典型应用场景的性能指标要求。系统架构由 SA2 工作组负责。其确定增强架构至少要支持 LTE-V Uu 和 LTE-V PC5 两种工作模式。其中 Uu 空口主要承载传统车联网大容量的通信业务,PC5 空口通过直通通信技术承载低时延高可靠性业务。安全方面由 SA3 工作组负责,主要调研 V2X 通信带来的系统安全威胁,分析研究 V2X 通信的安全需求并调研和评估现有的安全功能和架构^[39]。空口技术由 RAN 工作组负责。

(2) 3GPP LTE-eV2X 标准进展

2016 年 6 月,3GPP SA1 进行“增强的 V2X 业务需求”标准研究工作^[40]。在发布的研究结果 TS22.886^[41]中,定义了 25 个应用案例,包括自动车队驾驶、半/全自动驾驶、可扩展传感、远程驾驶等需求。2017 年 3 月,由大唐电信等公司联合牵头的“3GPP V2X 第二阶段标准研究”,主要讨论了包括载波聚合、发送分集、高阶调制、短帧传输等物理层关键技术,并于 2018 年 6 月结项。

(3) 5G NR-V2X 标准进展

2017 年 3 月,3GPP RAN 开始进行 V2X 新型应用评估方法研究的 SI^[42],对 3GPP TS22.886^[41]中定义的增强业务需求进行评估研究,包括仿真场景、性能指标、频谱需求、信道模型和业务模型等。

4.2 5G V2X 的体系结构

在 5G 时代,车联网拥有更加复杂多变的体系结构和新型的系统元素,如 5G 车载单元、5G 基站、5G 移动终端、5G 云服务器等。5G 车联网可以实现多种网络的融合,从而进行无缝的信息交互和信道切换。

图2展示了基于D2D通信的5G车联网应用架构。在未来车载移动互联网中,车辆可直接通过5G基站(路边单元,RSU)或中继(包括邻近的车、用户移动终端)快速接入互联网,实现车与云端设施的信息交互;在车内网中,基于D2D通信,车辆和用于车内的用户终端可以在没有基站协助的情况下通过自行控制链路,进行短距离的车辆数据传输^[43],从而降低数据传输时延;此外,在通信系统边缘或信号拥塞地带的车辆可以基于单跳或多跳的D2D建立Ad Hoc网络,实现车辆间的自组网通信^[44]。

5 未来的挑战

目前V2X通信受到了学术界和工业界越来越多的关注与讨论,然而其正处于发展的初级阶段,也同样面临着各种各样的问题与挑战。主要体现在高可靠低时延通信、车辆安全、隐私保护和驾驶安全3个方面^[43]。

5.1 高可靠低时延通信

由于V2X通信中的车辆往往处于高速运动的情景中,因此V2X通信模式对于车辆的定位信息具有更加严格的要求。同时在高速运动的场景下,信道和通信环境也更为复杂。而车辆的高速移动性以及网络拓扑结构的快速变化,容易造成车辆间的通信不稳定。例如当一辆车发信息给另一辆车时,由于车辆的速度可能使车辆间的距离超出双方的可通信范围,从而造成网络联通的不持续性。所以如何保证高速移动下V2X通信的高可靠低时延服务是值得探讨的关键问题。

此外,在车联网中,由于车辆行驶速度快,每次连接的实际有效时间短,接入切换频繁,因此要求网络接入和切换足够快,才能保持车载终端始终在线,其他的业务才能正常进行。目前车联网中存在多种不同的无线通信模式,如无线局域网、2G/3G/4G蜂窝通信、卫星通信和全球微波互联接入等,这些不同结构的网络要互通互联,

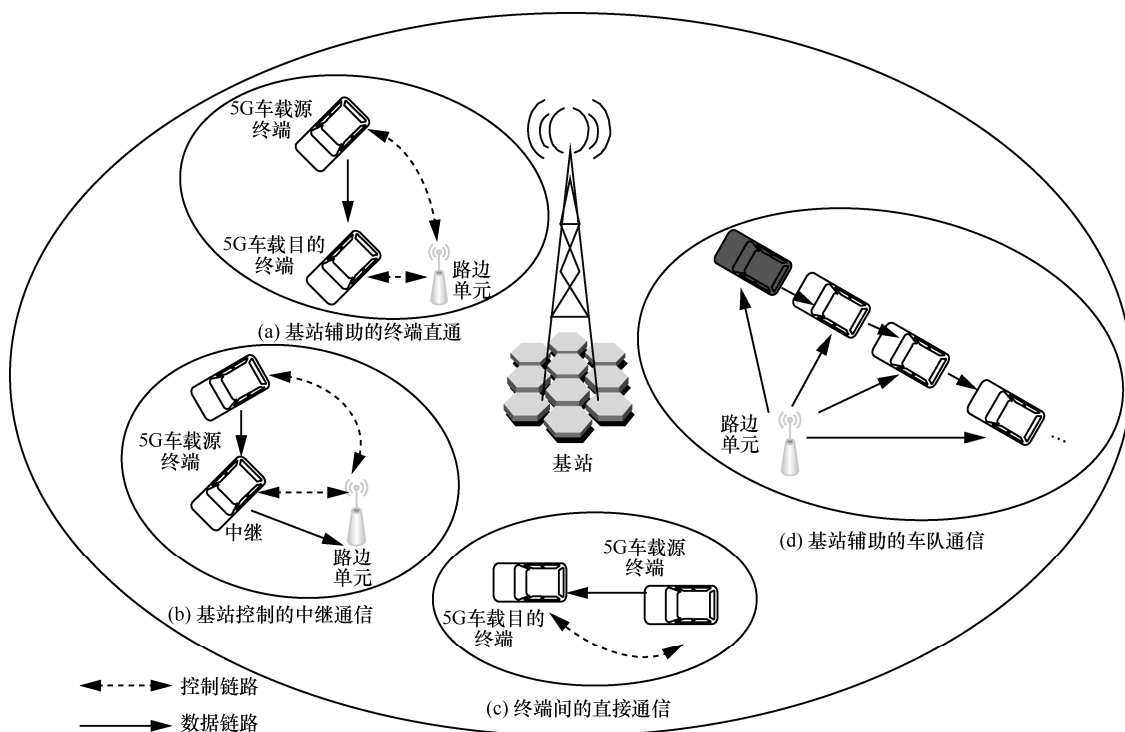


图2 基于D2D通信的5G车联网通信架构



进行数据传输交换, 必须解决异构网络的融合问题。

5.2 车辆安全和隐私保护

车辆作为智能交通运输系统最为重要的一环, 车辆的安全是非常重要的。未来, 车辆将不再是一个封闭的载体, 而是一个开放的可连接的载体, 与目前的手机等智能终端一样融入互联网中进行信息交互。因此不法分子可以利用互联网技术对车辆进行攻击, 从而达到解锁车辆、使车辆熄火或主动刹车等目的。此外, 与普通的通信网络(如手机通信网络等)相比, 由于涉及用户的生命和财产安全, V2X 通信网络往往需要更高的安全等级。因此, 如何保证 V2X 通信网络中的数据安全是一个关键的问题。

5.3 驾驶安全

由于车联网中网络拓扑结构的频繁变化以及传输数据的海量递增, 驾驶安全也是 V2X 通信中需要考虑的关键问题。参考文献[45]提出考虑不可见的邻居用户数量问题、数据的传输范围和数据分组生成率对于 V2X 通信行驶安全的影响, 针对某一特定安全需求的车联网应用场景, 仿真结果表明相对大的传输范围和较低的数据分组生成率能够使不可见的邻居数量最小化, 从而满足安全驾驶的要求。参考文献[46]提出定期会话的双向通信信道以及两种对双向信道可靠性的监控方法, 一种是在会话期间进行监测, 另外一种是在会话期间进行监控的基础上再在相邻会话之间的间歇加一次监测。除此之外, V2X 通信系统所特有的一些新应用存在安全漏洞问题, 比如车队通信、协作防撞、动态驾驶地图、视频数据共享等。参考文献[47]提出车队中断攻击和车辆传感数据伪造的不当行为等 V2X 通信安全问题。在车队通信中, 领头车辆在组织和保持车队的通信中扮演重要的角色, 然而存在单点故障问题。攻击者利用这一缺陷, 选择性地重发某些关键的控制信息(比如加速指令、刹车、变道等), 对车队通信进行车

队中断攻击。由于重发指令的攻击不会修改或窃听消息, 并且攻击在较短时间内就能完成, 现有的安全机制无法防止或检测此类攻击。

信息共享机制允许车辆、路边基础设施、行人或所涉及的任一实体共享其传感数据, 以避免不必要的碰撞。但是, 每辆车捕获的视频数据太大, 无法进行加密, 而且在许多情况下, 这些视频数据是在没有任何保护的情况下进行传输的, 因此给 V2X 通信带来安全驾驶的安全隐患问题。在车辆传感数据伪造方面, 攻击者插入一些视频帧或照片误导其他车辆用户做出错误的决定。

6 结束语

近年来, 车辆数量的迅猛增长给人们的出行带来了极大便利。然而, 汽车的大规模使用带来了日益严峻的副作用, 这其中包括频繁的交通事故、拥堵的城市交通以及效率低下的驾驶体验。车联网通信通过车辆及道路基础设施间的信息交互使车辆更加智能, 从而提高驾驶安全性, 减少交通拥堵。未来, 随着 V2X 车联网技术的不断发展以及核心技术的逐渐完善, V2X 通信也将在更多的应用场景中为人们提供更高质量、更可靠、更安全的服务。

参考文献:

- [1] 世界卫生组织. 2018 年道路安全全球现状报告[R]. 2018. WHO. Global status report on road safety 2018[R]. 2018.
- [2] 人民日报. 车多了路长了, 出行更安全了[N]. 2019-01-31. People's Daily. More cars, longer roads, safer travel[N]. 2019-01-31.
- [3] 国家统计局. 2018 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 2019. National Bureau of Statistics. The 2018 statistical communique on national economic and social development[R]. 2019.
- [4] 卓义斌, 缪照滨, 高月红, 等. V2X 技术发展历程及应用研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2016, 29(2): 20-24. ZHUO Y B, MIAO Z B, GAO Y H, et al. Technology development and application research of V2X[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2016, 29(2): 20-24.
- [5] 周建军, 夏志朗. 基于 5G 的车联网技术的优势及局限性分

- 析[J]. 信息通信, 2019(2): 250-252.
- ZHOU J J, XIA Z L. Analysis of advantages and limitations of 5G based Internet of vehicles technology[J]. Information & Communications, 2019(2): 250-252.
- [6] CHEN S Z, HU J L, SHI Y, et al. Vehicle-to-everything(V2X) services supported by LTE-based systems and 5G[J]. IEEE Communications Standards Magazine, 2017, 1(2): 70-76.
- [7] 付长军, 李斌, 乔宏章. 车联网产业发展现状研究[J]. 无线电通信技术, 2018, 44(4): 5-9.
- FU C J, LI B, QIAO H Z. Study on the internet of vehicles industry[J]. Radio Communications Technology, 2018, 44(4): 5-9.
- [8] 郝铁亮, 叶平, 郝成龙, 等. 车联网技术研究[J]. 汽车实用技术, 2017(20): 141-143.
- HAO T L, YE P, HAO C L, et al. Research on vehicle networking technology[J]. Automobile Technology, 2017(20): 141-143.
- [9] 吕玉琦, 丁启枫, 杜昊, 等. 汽车自动驾驶和 V2X 标准进展现状[J]. 数字通信世界, 2019(3): 19-20.
- LV Y Q, DING Q F, DU H, et al. Status of automotive autonomous driving and V2X standards[J]. Digital Communication World, 2019(3): 19-20.
- [10] HAMIDA E B, NOURA H, ZNAIDI W. Security of cooperative intelligent transport systems; standards, threats analysis and cryptographic countermeasures[J]. Electronics, 2015, 4(3): 380-423.
- [11] GALLO L, HAERRI J. Unsupervised long-term evolution device-to-device: a case study for safety-critical V2X communications[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2017, 12(2): 69-77.
- [12] BACKFRIEDER C, OSTERMAYER G, MECKLENBRÄUKER C F. Increased traffic flow through node-based bottleneck prediction and V2X communication[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2017, 18(2): 349-363.
- [13] YANG Y, WEI Z, ZHANG Y, et al. V2X security: a case study of anonymous authentication[J]. Pervasive & Mobile Computing, 2017, 16(5): 134-140.
- [14] NARANJO J E, JIMÉNEZ F, ANAYA J J, et al. Application of vehicle to another entity (V2X) communications for motorcycle crash avoidance[J]. Journal of Intelligent Transportation Systems, 2017, 21(4): 350-360.
- [15] CAO H, GANGAKHEDKAR S, ALI A R, et al. A 5G V2X testbed for cooperative automated driving[C]//2016 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), Dec 8-10, 2016, Columbus, OH, USA. Piscataway: IEEE Press, 2017: 1-4.
- [16] MOLINA-MASEGOSA R, GOZALVEZ J. LTE-V for sidelink 5G V2X vehicular communications: a new 5G technology for short-range vehicle-to-everything communications[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2017, 12(4): 30-39.
- [17] 3GPP. Outstanding aspects of deployment scenarios, vehicle density modeling and mobility: R1-155911[S]. 2016.
- [18] 郝成龙, 郝铁亮, 张亮, 等. 浅谈智能网联汽车带来的行业增值服务[J]. 科技展望, 2016, 26(27).
- HAO C L, HAO T L, ZHANG L, et al. Talk about the value-added service brought by intelligent network automobile[J]. Technology Outlook, 2016, 26(27).
- [19] 鲍海森. 浅析下一代车联网 V2X 技术[J]. 信息技术与信息化, 2017(9): 10-15.
- BAO H S. Analysis of next generation vehicle networking V2X technology[J]. Information Technology & Informatization, 2017(9): 10-15.
- [20] YANG Y, DANG S, HE Y, et al. Markov decision-based pilot optimization for 5G V2X vehicular communications[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2019, 6(1): 1090-1103.
- [21] 王成金, 李士昌, 陈山枝. 一种适用于密集车辆 V2X 网络的中继节点选择和功率分配优化方法[J]. 电信网技术, 2014(1): 43-45.
- WANG C J, LI S C, CHEN S Z. A relay node selection and power allocation optimization method for dense vehicle V2X network[J]. Telecommunications Network Technology, 2014(1): 43-45.
- [22] KABASHKIN I. Reliable V2X communications for safety-critical intelligent transport systems[C]//2017 Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO), Nov 2-3, 2017, Riga, Latvia. Piscataway: IEEE Press, 2017: 251-255.
- [23] FRANK K, STEFAN D, LUKAS D, et al. Privacy enabled capability in cooperative systems and safety applications[R]. 2009.
- [24] PANANGIOTIS P, LEVENTE B, TAMAS H, et al. Secure vehicular communication systems: design and architecture [J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 46(11): 100-109.
- [25] MAXIM R, PANOS P, JEAN-P H. Cooperative systems for road safety "smart vehicles on smart roads" (safespot)[J]. IEEE Wireless Communications, 2013.
- [26] VILLARREAL-VASQUEZ M, BHARGAVA B, ANGIN P. Adaptable safety and security in V2X systems[C]//2017 IEEE International Congress on Internet of Things (ICIOT), June 25-30, 2017, Honolulu, HI, USA. Piscataway: IEEE Press, 2017.
- [27] 许彩霞. 5G 车联网对自动驾驶技术发展的影响[J]. 信息通信, 2018(6): 46-47.
- XU C X. The influence of 5G car network on the development of autonomous driving technology[J]. Information & Communications, 2018(6): 46-47.
- [28] EZE J, ZHANG S, LIU E, et al. Cognitive radio technology assisted vehicular Ad-Hoc networks (VANETs): current status, challenges, and research trends[C]//International Conference on Automation & Computing, Sept 7-8, 2017, Huddersfield, UK. Piscataway: IEEE Press, 2017.
- [29] LEE K C, LE M, HARRI J, et al. Louvre: Landmark overlays



- for urban vehicular routing environments [C]//2008 Vehicular Technology Conference, Sept 21-24, 2008, Calgary, BC, Canada. Piscataway: IEEE Press, 2008: 1-5.
- [30] ERRITALI M, OUAHIDI B E. A survey on VANET Intrusion detection systems[J]. International Journal of Engineering & Technology, 2013, 5(2): 56-63.
- [31] AHLGREN B, DANNEWITZ C, IMBRENDA C, et al. A survey of information-centric networking[J]. IEEE Communications Magazine, 2012, 50(7): 26-36.
- [32] BHOI S K, KHILAR P M. Vehicular communication: a survey[J]. Networks IET, 2013, 3(3): 204-217.
- [33] TOMANDL A, FEDERRATH H, SCHEUER F. VANET privacy by “defending and attacking”[C]// Wireless and Mobile Networking Conference, Apr 23-25, 2013, Dubai, United Arab Emirates. Piscataway: IEEE, 2013: 1-7.
- [34] HU Y, FENG J, CHEN W. A LTE-cellular-based V2X solution to future vehicular network[C]//2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), May 25-27, 2018, Xi'an, China. Piscataway: IEEE Press, 2018: 2658-2662.
- [35] KAISER F, GRANSART C, BERBINEAU M. Simulations of VANET scenarios with OPNET and SUMO[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2012(7266): 103-112.
- [36] DI B, SONG L, LI Y, et al. V2X meets NOMA: non-orthogonal multiple access for 5G enabled vehicular networks[J]. IEEE Wireless Communications, 2017, 24(6).
- [37] 李凤, 房家奕, 赵丽. 3GPP LTE-V2X 标准进展及技术介绍[J]. 电信网技术, 2016(6): 40-45.
- LI F, FANG J Y, ZHAO L. Progress and technology introduction of 3GPP LTE-V2X standard[J]. Communications World, 2016(6): 40-45.
- [38] LUOTO P, BENNIS M, PIRINEN P, et al. System level performance evaluation of LTE-V2X network[C]//European Wireless Conference, May 18-20, 2016, Oulu, Finland. Piscataway: IEEE Press, 2016: 80-84.
- [39] 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.
- [40] 3GPP. New WID on 3GPP V2X phase 2[EB]. 2017.
- [41] 3GPP. Study on enhancement of 3GPP support for 5G V2X services: TR22.886, v.15.1.0[S]. 2017.
- [42] 3GPP. New SI proposal: study on evaluation methodology of new V2X use cases for LTE and NR[EB]. 2017.
- [43] 王良民, 刘晓龙, 李春晓, 等. 5G 车联网展望[J]. 网络与信息安全学报, 2016, 2(6): 1-12.
- WANG L M, LIU X L, LI C X, et al. Overview of internet of vehicles for 5G[J]. Chinese Journal of Network and Information Security, 2016, 2(6): 1-12.
- [44] TEHRANI M N, UYSAL M, YANIKOMEROGLU H. Device-to-device communication in 5G cellular networks: challenges, solutions and future directions[J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(5): 86-92.
- [45] LU H, POELLABAUER C. Analysis of application-specific broadcast reliability for vehicle safety co-munications[C]// Eighth ACM International Workshop on Vehicular Inter-networking, Sept 23, 2011, Las Vegas, Nevada, USA. New York: ACM Press, 2011.
- [46] KABASHKIN I. Reliability of bidirectional V2X communications in the intelligent transport systems[C]//2015 Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO), Nov 5-6, 2015, Riga, Latvia. Piscataway: IEEE Press, 2015: 159-163.
- [47] BIAN K, ZHANG G, SONG L. Security in use cases of vehicle-to-everything communications[C]//2017 IEEE 86th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), Sept 24-27, 2017, Toronto, ON, Canada. Piscataway: IEEE Press, 2017: 1-5.

[作者简介]



方箭 (1986-), 男, 国家无线电监测中心高级工程师, 工业和信息化部通信科学技术委员会无线电频率规划专家咨询组专家, 中国通信标准化协会无线通信技术工作委员会频率组副组长, 中国电子学会青年网络与通信系统技术专委会委员。长期从事 3G/4G/5G、物联网等相关无线电频谱规划和分配、射频技术指标制定、系统间电磁兼容分析以及认知无线电等方面的研究工作。

冯大权 (1986-), 男, 博士, 深圳大学助理教授, 主要研究方向为 D2D 通信、车联网、IoT 等。

段海军 (1994-), 男, 深圳大学信息工程学院硕士生, 主要研究方向为 V2X 通信。

郑灿健 (1992-), 男, 哈尔滨工业大学 (深圳) 电子与信息工程学院博士生, 主要研究方向为机器学习和无线资源分配。

钱恭斌 (1967-), 男, 博士, 深圳大学副教授, 主要研究方向为移动通信技术、通信与电子系统的设计与实现、DSP 应用系统的设计与实现、非线性系统与混沌保密通信等。