

车联网关键技术及演进方案研究

Research on Key Technologies and Evolution Strategies of IoV

邱佳慧,陈 祎,刘 珊,刘 琪(中国联通网络技术研究院,北京 100048)

Qiu Jiahui,Chen Yi,Liu Shan,Liu Qi(China Unicom Network Technology Research Institute,Beijing 100048,China)

摘 要:

随着移动互联网、物联网以及无线传感技术的广泛应用,车联网成为实现未来智慧交通和智慧城市的关键途径之一。伴随着3GPP LTE-V2X标准的研究与制定,基于蜂窝网的V2X技术成为继DSRC之后车联网的又一个研究热点,为车联网高可靠、低时延的需求提供了重要保障。首先简要介绍了车联网的发展历程,总结了V2X所涉及的业务场景和相应的技术指标,然后介绍了V2X关键技术,包括网络架构和资源调度等。最后给出了中国联通车联网的演进策略。

关键词:

车联网;业务需求;网络架构;资源调度;演进策略
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2017.08.007
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
文章编号:1007-3043(2017)08-0029-06

Abstract:

The wide spread applications of mobile Internet, IoT and wireless sensing technologies make IoV becoming one of the key technologies to realize the smart transportation and smart cities in the future. With the research and standardization of the LTE-V2X in 3GPP, V2X based on cellular has become another research hotspot of IoV after DSRC, which provides an important guarantee for the basic performance requirements of IoV such as low latency and high reliability. Firstly, the development of IoV is briefly introduced, and the key service scenarios and the corresponding technology KPIs are summarized. Then the key technologies including network architecture and resource scheduling are summarized. Finally, it describes the evolution strategies of IoV of China Unicom in the future.

Keywords:

IoV; Service requirements; Network architecture; Resource scheduling; Evolution strategy

引用格式:邱佳慧,陈祎,刘珊,等. 车联网关键技术及演进方案研究[J]. 邮电设计技术,2017(8):29-34.

0 引言

随着社会的发展,汽车保有量持续增长,导致市区内车流日益升高,堵车成为社会性问题。据统计,2015年北京市平均每天堵车约3 h,比2013年增加了近1 h^[1]。另外,交通事故已经成为全球公共的交通安全问题。虽然近年来我国在交通设施建设、交通法规完成程度、驾驶员和行人的交通安全意识等方面取得了一定成绩,交通事故死伤人数有所减少,但相比主要发达国家仍有较大差距。

车联网的提出和发展,可以有效缓解或解决由于车辆快速增长而带来的各种问题,并有可能彻底改变人们未来的出行模式,大大提升道路交通运输网络的效率、安全水平、智能化水平及环保水平,为建成一种适应现代道路交通运输发展的建设、运营、管理模式提供突破口。

另外,车联网的发展会带来巨大的经济效益。据统计2012年全球车联网市场的总体规模约131亿欧元,2013年该市场规模达164亿欧元,同比增长25%,到2018年车联网的市场规模有望达到390亿欧元,2020年全球V2X市场达到500亿欧元。对于中国市场,2015年中国车联网用户的渗透率突破10%的临界

收稿日期:2017-06-20

值,中国车联网的市场规模将超过1 500亿元;而2020年车联网用户将超过4 000万,渗透率将超过20%,市场规模将达到2 000亿元^[2]。

1 车联网发展

车联网技术的发展大致经历了2个阶段。

首先是专用短程通信技术(DSRC——Dedicated Short Range Communications)的提出和发展。它基于802.11p协议的延伸扩展,起源于20世纪90年代,其典型应用场景分为安全相关的应用和非安全相关的应用^[3]。由于DSRC技术针对车辆的高移动性和数据传输的高可靠、低延迟等需求进行了优化,适合应用在V2V(车与车)和V2I(车与路边设施)场景下,尤其是一些和安全相关的场景^[4-5]。

然而,DSRC技术也存在明显不足。首先是短距离覆盖问题。如果汽车通过DSRC网关接入互联网,会受到DSRC沿路边覆盖范围的约束,尤其是在高速公路上。即使通过多跳通信来扩展DSRC的覆盖范围,但也不能保证在任意时刻可以为车辆接入提供一条可用的链路。另外,即使链路存在,考虑到高速移动环境下复杂的网络拓扑结构,数据包的路由问题也是一个挑战。多级连跳通信以及路由问题大大降低了DSRC高可靠和低时延的性能^[6]。DSRC的另外一个弊端就是基于CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)的接入技术^[7]。在高密度场景下,车辆之间的信道接入竞争会变得更加强烈,从而导致由高速数据传输碰撞以及信道接入延迟而引发的性能下降。除此之外,DSRC难以实现大规模商用,其路边设施投入大,商业盈利模式不清晰,且DSRC主要针对道路难以覆盖,无法满足车辆离路后获取服务的应用场景^[8-9]。

随着LTE通信技术的普及,尤其是LTE-D2D通信标准的制定,使得基于LTE技术实现车车、车路、车人之间直接通信成为可能,从而满足车车、车路、车人之间低时延、高可靠性的通信需求。2015年2月,3GPP SA1正式启动了LTE-V2X业务需求研究项目,拉开了LTE-V2X技术在3GPP各小组的标准化序幕。

基于蜂窝网的V2X技术优势包括以下几点。

- 基于现有的蜂窝网,部署简单。
- 覆盖范围广,可实现无缝覆盖。
- 传输更可靠,半静态调度使得资源分配更合理,降低竞争冲突丢包。

d) 3GPP持续演进,可支持未来ITS业务需求。

e) 网络运营模式灵活,盈利模式多样化。

当然,LTE-V2X的缺点也同样突出:标准尚在制定过程中,技术成熟度较低,面向车车主动安全与智能驾驶的服务性能还需要充分的测试验证。目前,3GPP于2016年9月完成LTE-V2V相关标准的制定与发布,LTE-V2X标准于2017年3月完成。

国内对于DSRC的研究较晚,目前主要推动LTE-V2X的产业发展。通信标准化协会(CCSA)、中国智能交通产业联盟(C-ITS)、车载信息服务产业应用联盟(TIAA)等多个标准组织与产业联盟开展了V2X方面的通信标准研发和场景测试。另外,2016年9月,奥迪、宝马、戴姆勒、爱立信、华为、英特尔、诺基亚及高通发起成立的会员式组织5G汽车联盟(5GAA),着眼于开发、测试、推动用于自动驾驶、业务泛在接入、智慧城市整合及智能交通等应用的通信解决方案,助推标准,促进产品的商用化发展与全球市场渗透,以满足人们对社会移动互联与道路安全的需求。各组织与联盟重点关注内容及相关成果如表1所示。

2015年工业和信息化部发布国内首个“智能网联汽车试点示范区”项目,由上海国际汽车城承担,在上海安亭镇建设世界上最大的智能网联汽车研发和试验基地。其中基于LTE的V2X试验将在2016年6月开园,主要进行智能网联汽车总体测试和指挥交通示范,可为无人驾驶、自动驾驶和V2X网联汽车提供近

表1 车联网标准组织与产业联盟简介

标准组织	组织单位	重点关注内容	相关成果
CCSA	中国信息通信研究院(工信部)	架构、频谱和空口等方面的标准研究,与3GPP保持一致	完成智能交通车/车路主动安全应用的频率需求和相关干扰共存研究、基于TD-LTE的车辆安全短程通信技术研究
TIAA	中国电子工业标准化技术协会(工信部)	智能汽车、车联网、车载信息服务领域的技术创新、产业转型和服务应用	完成场景白皮书及频率需求研究;频谱研究与申请
C-ITS	交通运输部公路科学研究院(交通运输部)	V2X应用层与安全相关标准研究	完成标准:智能驾驶分级智能汽车电子地图数据模型与交换格式
5GAA	车企与通信厂商联合发起	定义及规范化应用场景,技术要求与部署策略;辅助标准化组织与政策法规制定监管机构;聚焦车联与通信领域的挑战及各种技术要求;进行包括互通测试,大规模试点及外场试验联合创新及推动	发布白皮书《The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving》 ^[10]

30种场景的测试验证。工业和信息化部又先后推动在杭州、北京、重庆、长春建立车联网实验基地,基于LTE-V/5G的通信环境建设,支撑开展智能驾驶、智慧交通相关示范应用。目前国内大唐和华为已有基于LTE-V架构的原型样机,可进行车路协同实景演示。

2 LTE-V2X业务需求

按业务模式,LTE-V2X可以分为以下4类^[11],如图1所示,包括:

V2N(vehicle-to-network)通信,动态地图下载,自动驾驶相关线路规划、远程控制等,最高优先级。

V2V(vehicle-to-vehicle)通信,核心防碰撞,避拥塞等安全类应用,优先级取决于技术路线,但V2V安全类应用不受限于网络覆盖。

V2P(vehicle-to-pedestrian)通信,车与行人之间通信,主要用于行人安全,低优先级。

V2I(vehicle-to-infrastructure)通信,用于车与道路设施之间通信,提供或接受本地道路交通信息,低优先级。

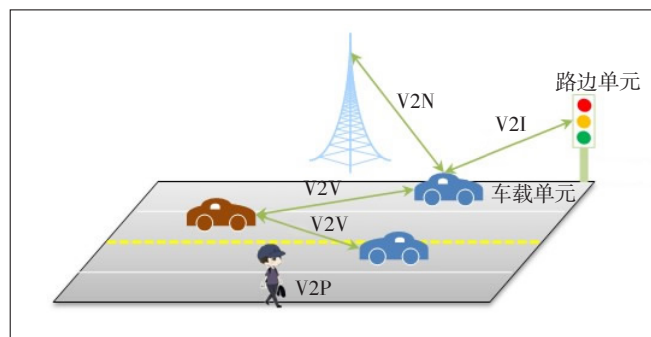


图1 LTE-V2X的通信模式

目前3GPP对LTE-V2X以及5G的eV2X定义了27种(3GPP TR 22.885^[11])和25种(3GPP TR 22.886^[12])应用场景。3GPP TR 22.885的27种应用场景根据应用业务进行分类,主要实现辅助驾驶功能,包括安全预警、交通效率等方面。而3GPP TR 22.886主要实现自动驾驶功能,包括高级驾驶、车辆编队行驶,离线驾驶、扩展传感器等。

在业务需求方面,在标准项目中,SA1定义了LTE-V2X支持的最大移动速度、时延、消息发送频率、数据包大小、安全等通用的业务要求^[13],其中:

移动速度:最高绝对速度160 km/h,最大相对速度280 km/h。

数据包大小:典型的周期性数据包为50~400 B,

事件触发数据包最大到1 200 B。

消息发送频率:1~10 Hz。

时延:100~1 000 ms,预碰撞感知场景下为20 ms。

安全:通信设备需要被网络授权才能支持V2X业务,要支持用户的匿名性并保护用户隐私。

资源管理:网络覆盖内资源可控,网络覆盖外通过预配置方式。

通信范围:TTC(Time To Collision)为4 s的通信距离。

其中,V2V通信场景大多属于交通安全类,时延要求比较高,大部分场景要求100 ms以内的时延,某些特殊场景要求20 ms以内的时延。定位精度要求2 m以内,数据包在1 200 B以内。

3 LTE-V2X关键技术

3.1 网络架构

在已发布的V2V标准中,根据接口的不同又分为V2V-Direct和V2V-Cellular 2种通信方式^[14],其中,V2V-Direct采用PC5接口,可实现车车之间的直接通信,时延低,支持的移动速度较高,但需要有更好的资源池选择设计和拥塞控制,适用于无线蜂窝网络覆盖有限的场景,而V2V-Cellular是通过网络转发,使得车车通信可在更广域的范围实现,覆盖范围更广。

在3GPP 23.785^[15]中,定义了潜在的LTE支撑V2X服务的架构假设,包括基于LTE-Uu接口以及PC5接口的架构;基于这2种接口的架构均可以独立地支持UE收发信息。

基于PC5及LTE-Uu接口的V2X架构参考模型如图2所示,相关新功能及部分接口定义如下。

V2X Control Function:该逻辑功能用于V2X所需要网络做出的响应。

V1:V2X应用于V2X服务器之间的参考点。

V2:V2X应用服务器与运营商网络内V2X控制功能间的参考点,其中V2X应用服务器可以与多个PLMN网络内的V2X控制功能相连接。

V3:具备V2X功能的UE与运营商网络内V2X控制功能间的参考点,它需要建立在服务授权且PC3配置的基础上,可应用于基于PC5的V2X与基于Uu口的V2X。

V4:HSS和运营商网络内V2X控制功能间的参考点。

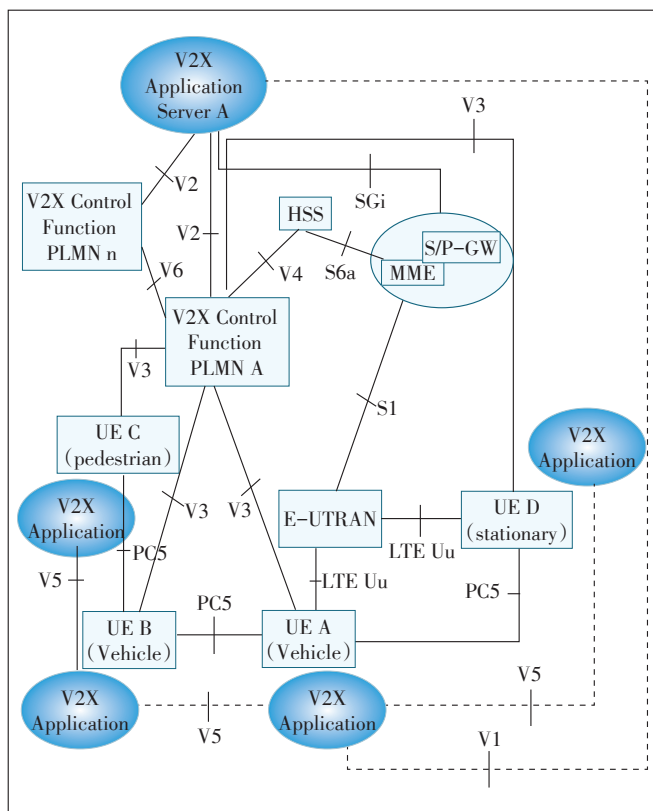


图2 LTE-V2X网络架构

V5: V2X应用之间的参考点。

V6: V2X控制功能间的参考点。

LTE-Uu: 具备V2X能力的UE与EUTRAN之间的参考点。

PC5: 具备V2X能力的UE之间支持V2V、V2I与V2P业务的参考点。

3.2 资源调度

LTE-V2X发送信道包括PSCCH和PSSCH, 其中PSCCH传送的是SA (Scheduling Assignment) 信息, PSSCH传送的是用户数据信息。同一用户的SA与数据信息是在同一子帧内传送的, 这样可以降低带内辐射和半双工下数据接收失败的概率。在LTE-V2X标准中, 数据资源池和SA资源池是一一对应的关系, 每个数据传输都由一个SA调度, 解出的SA信息指示数据传输资源的时频位置信息。资源池的分布方式有2种: 一种是数据资源与SA资源是相邻的, 如图3(a), 这样可以降低带内辐射, 为降低用户间干扰, 只需要对用户在频带上所占资源的两侧进行功率回退即可。另一种是数据资源与SA资源不相邻, 如图3(b), 这种资源分布的优势是由于SA所在资源池较小, 有利于SA的盲检测, 进而进一步检测到数据资源。无论哪

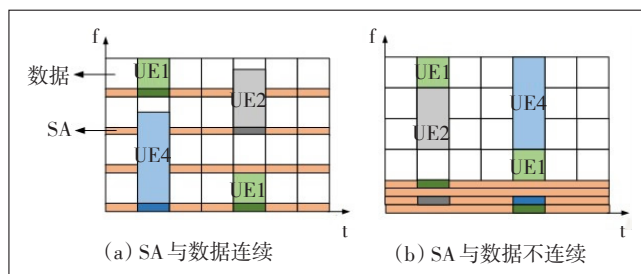


图3 LTE-V2X资源分布方式

种分布方式, SA与对应的数据资源相比总处于较低的子信道上, 用户总是选择整数倍的相邻子信道进行发送。

在资源调度上, LTE-V2X有Mode 3和Mode 4 2种资源调度模式, 即基站调度模式或自主选择模式, 同时为减少空口信令开销, 采用预约的半静态资源调度方式 (SPS), 以提高资源利用率和通信可靠性。一个终端在同一个时刻只能在基站调度模式或自主选择模式中选取一种, 不能同时存在, 并且Mode 3和Mode 4的资源池是相互独立的。针对基站调度模式 (Mode 3), 只能在UE连接态下使用, UE首先向基站发送资源调度请求, 基站根据用户位置以及资源利用情况通过DCI format 5A调度发送端UE发送PSCCH及PSSCH, 每个周期调度一次。针对自主选择模式 (Mode 4), IDLE状态下只能用SIB21提供的传输资源池, 连接状态下只能用RRC重配信息中提供的资源池。资源的选择采用Sensing+Reservation的策略, 即终端通过解调其他用户PSCCH中的SA数据并对PSSCH数据进行能量检测, 来判决哪些资源已被占用, 并在剩余资源中选择适合自己的资源。另外, 在Mode 4模式下, 资源池以地域的不同进行划分, 即在同一地域的用户共用同一个资源池, 每一个资源池对应一个地域ID。

4 中国联通车联网演进策略

对于运营商而言, 车联网业务是运营商从传统业务转型的机遇, 在提供传统通信管道的同时, 也需要积极扩展综合服务支撑业务, 开拓更多的盈利渠道, 实现利润的持续增长。中国联通作为国内对“车联网”最具网络数据基因的通信公司, 已经将车联网业务定位为重要的战略发展方向。目前中国联通利用网络基础设施、IT基础设施, 从平台建设运营到服务体系, 整合产业链资源, 为智能汽车产业提供端到端的服务, 在前向车联网市场份额达到80%。

4.1 车联网架构演进策略

中国联通在目前的车联网市场占有巨大优势,但面对其他运营商的强烈冲击与竞争,中国联通也需要不断开拓业务,打造“终端—网络—平台—应用”的统一架构,如图4所示,实现车联网的平滑演进,打造开放的网络平台,吸引车企与第三方企业建立长期的合作关系。

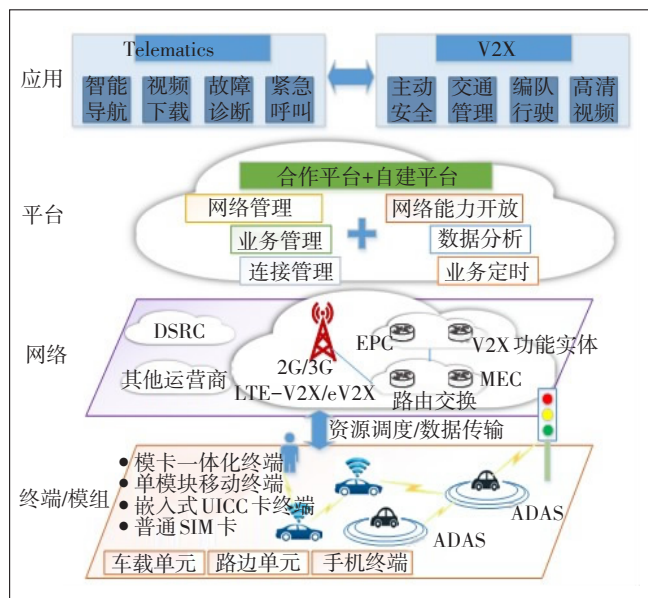


图4 中国联通车联网总体架构演进

在终端方面,实现V2V、V2I、V2P以及V2N的通信,建立路边单元和车载单元。通过网络实现路边设施信息回传与管理,实现RSU(Road Side Unit)的快速、灵活、低成本的部署。另外,车企实现辅助驾驶主要依靠ADAS系统,为了将基于蜂窝网的V2X渗透到车企中,运营商需要考虑车载ADAS系统与V2X的结合,实现对ADAS系统的增强,完成信息交互与回传。

在网络方面,目前中国联通主要通过2G/3G网络实现数据回传,在车联网行业的市场占有率相对较高,拥有丰富的客户资源。随着4G LTE的商用,中国

联通在网络上的优势减弱,未来车联网过渡到4G网络时,行业竞争会比较激烈。2017年3月,3GPP LTE-V2X将完成标准化,联通将尽快开展LTE-V2X的网络部署,推动V2X的相关业务。同时为了增强基于基站通信的低时延高可靠业务,考虑引入移动边缘计算(MEC——Mobile Edge Computing),实现业务下沉,在靠近移动用户的位置上提供IT服务环境和云计算能力,并将业务存储和存储分发能力下沉至靠近用户侧(如基站),降低网络传输时延。在打造基于蜂窝网的车联网网络平台的同时,开展V2X网络与其他车联网网络(例如DSRC,其他运营商网络)的共存性研究。

在平台方面,打造一体化车联网平台。一方面实现网络管理能力,包括业务管理和连接管理,另一方面实现网络能力开放,例如进行大数据分析拓展新的业务渠道;向第三方开展网络接入功能,允许第三方企业进行业务定制。

在业务应用方面,联通将保留已有的Telematics业务,同时增加V2X业务,在LTE-V2X阶段实现主动安全、交通管理,在5G的V2X阶段实现自动驾驶、编队行驶、高清视频传输等,同时注重实现Telematics和V2X业务的融合与互补。

4.2 无线侧网络架构演进策略

在V2X标准中,如果车辆在基站覆盖范围内,车车之间的通信既可通过Uu接口通信,又可通过PC5接口通信,而目前业界普遍关注的是基于车辆自主选择资源的V2V通信,从运营商的角度,积极推动基于基站调度的V2V通信技术和基于Uu口的V2X-cellular通信技术是未来联通车联网演进重点(如图5所示),有利于中国联通发展新的车联网业务。

另外,V2X的主要功能包括主动安全、交通效率和信息娱乐,其中交通效率和信息娱乐是需要通过网络实现的,但目前车企主要通过ADAS系统来实现主动

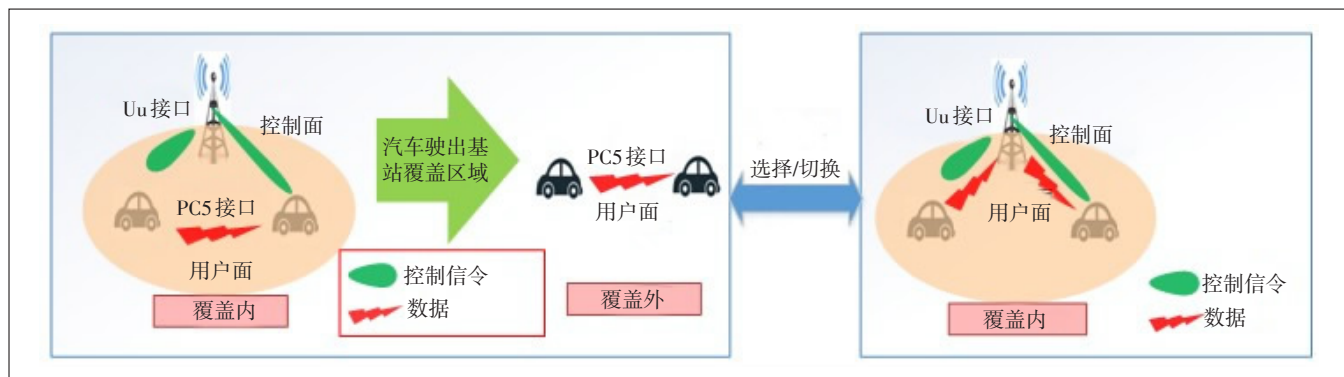


图5 中国联通车联网无线侧网络架构演进

安全和自动驾驶。为了加强与车企的合作,需要积极推动V2X与ADAS技术的融合,加强车辆行驶安全性。

4.3 典型业务测试演进方案

中国联通在典型业务测试方面可分为3个阶段,如图6所示。目前已经在重庆开展了第1阶段的测试,关注典型场景业务需求,进而制定解决方案。主要包括的场景有紧急刹车警告、交叉路口防碰撞、路况警告、交通灯管理等。在第2阶段,为加强与车企的联系与合作,使得运营商能够进入车企的前装市场,中国联通将开展基于ADAS与V2X相结合的测试。在数据方面将进行V2X与ADAS传感器信息的融合测试,并由ADAS辅助V2X进行判决,以此与基于V2X和ADAS的系统性能分别进行对比。在第3阶段,即基于5G的V2X,车联网的时延将进一步降低而可靠性将进一步提高,同时,随着智能网联汽车以及智慧城市的发展与完善,基于主动安全或者交通效率的业务,未来或许会成为基础性服务而不能给运营商带来利润的增长,因此运营商需要在此基础上拓展新的业务模式,并开展基于5G V2X的业务演示。

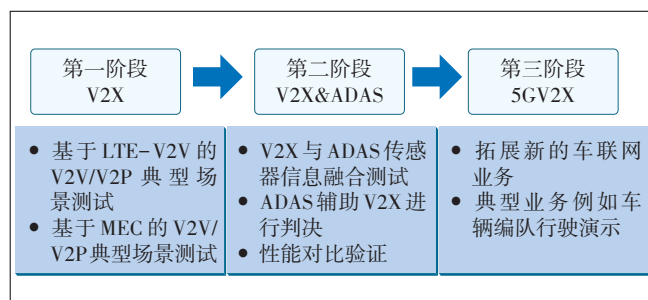


图6 中国联通车联网典型业务测试演进方案

5 结束语

车联网是未来智能交通的发展方向,通信技术是车联网技术的关键支撑,决定了车联网信息传输的实时性和有效性。与欧美、日本等国家相比,车联网技术在我国发展相对较晚。现在国家对于车联网的发展较为重视,以推动基于蜂窝网的V2X为主。工信部目前已推动在全国5处建立车联网测试基地,并确定5.9 GHz作为试验频谱,用于V2V技术测试和验证,大唐和华为也研发了基于LTE-V2V的设备进行测试。对于运营商而言,车联网业务是运营商从传统业务转型的机遇,在提供传统通信管道的同时,也需要积极扩展综合服务支撑业务,开拓更多的盈利渠道,实现利润的持续增长。

参考文献:

- [1] 刘冕. 北京:2015年工作日平均每天堵车3小时[EB/OL]. [2017-01-22]. http://news.xinhuanet.com/local/2016-01/12/c_128619419.htm.
- [2] “十三五”规划下中国车联网行业发展预测及投资战略咨询报告[EB/OL]. [2017-01-22]. <http://www.chinabgao.com/report/2596286.html>.
- [3] VINEL A. 3GPP LTE Versus IEEE 802.11p/WAVE: Which Technology is Able to Support Cooperative Vehicular Safety Applications? [J]. IEEE Wireless Communications Letters, 2012, 1(2): 125-128.
- [4] 任开明, 李纪舟, 刘玲艳, 等. 车联网通信技术发展现状及趋势研究[J]. 通信技术, 2015, 48(5): 507-513.
- [5] 孙小红. 车联网的关键技术及应用研究[J]. 通信技术, 2013(4): 47-50.
- [6] ABBOUD K, OMAR H, ZHUANG W. Interworking of DSRC and Cellular Network Technologies for V2X Communications: A Survey [EB/OL]. [2017-01-22]. http://bbr.uwaterloo.ca/~wzhuang/papers/TVT-survey_2016.pdf.
- [7] UCAR S, ERGEN S C, OZKASAP O. Multihop-Cluster-Based IEEE 802.11p and LTE Hybrid Architecture for VANET Safety Message Dissemination [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, 65(4): 2621-2636.
- [8] 陈荆花, 黄晓彬, 李洁. 面向智能网联汽车的V2X通信技术探讨[J]. 电信技术, 2016, 8(5): 24-27.
- [9] CHEN S, HU J, SHI Y, et al. LTE-V: A TD-LTE based V2X Solution for Future Vehicular Network [EB/OL]. [2017-01-22]. https://www.researchgate.net/publication/309057087_LTE-V_A_TD-LTE_based_V2X_Solution_for_Future_Vehicular_Network
- [10] The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving [EB/OL]. [2017-01-22]. <http://www.5gaa.org/pdfs/5GAA-whitepaper-23-Nov-2016.pdf>.
- [11] Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services: 3GPP TR 22.885[S/OL]. [2017-01-22]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [12] Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services: 3GPP TR 22.886[S/OL]. [2017-01-22]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [13] Service requirements for V2X services: 3GPP TR 22.185 [S/OL]. [2017-01-22]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [14] Study on LTE-based V2X Services: 3GPP TR 36.885[S/OL]. [2017-01-22]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.
- [15] Study on architecture enhancements for LTE support of V2X services: 3GPP TR 23.785[S/OL]. [2017-01-22]. <ftp://ftp.3gpp.org/>.

作者简介:

邱佳慧, 毕业于北京交通大学, 工程师, 博士, 主要从事无线定位技术及车联网关键技术的研究; 陈伟, 毕业于北京邮电大学, 工程师, 硕士, 主要从事室内无线定位技术及车联网关键技术的研究; 刘珊, 毕业于北京交通大学, 工程师, 硕士, 主要从事车联网标准及业务应用方面的研究; 刘琪, 毕业于北京交通大学, 高级工程师, 博士, 主要从事5G无线侧关键技术以及车联网关键技术的研究。