

C-V2X 技术现状与性能对比

王小村 裴斌 孙靖 柳恒 唐雷

摘要: V2X 作为智能网联汽车的关键技术,可实现车与车(V2V)、车与基础设施(V2I)、车与行人(V2P)、车与网络(V2N)等互联,将车辆信息与外界信息共享,增强车辆智能感知能力。本文从通信架构、标准进展、技术参数等方面研究分析了 V2X 两种主流技术的不同,并结合仿真情况,给出了两种技术的理论性能仿真结果。

关键词: 车联网; V2X; LTE-V

1 引言

现阶段智能网联汽车更多采用单车智能化演进路线,以毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达和车载摄像头等作为主要传感器,结合自动控制技术、模式识别技术等,实现道路偏离、碰撞预警、自适应巡航等辅助驾驶功能。同时,现阶段的单车智能化演进路线虽然对驾驶有一定的辅助作用,但依然存在较明显的问题,即车辆仅依赖自身传感器获取有限的外界信息(视距内, LoS),对于非视距(nLoS)范围盲区内的信息以及恶劣天气因素下的信息获取,存在一定的空白。

V2X (Vehicle-to-Everything)正是用来解决这个问题。早在20世纪90年代,IEEE首先制定了802.11p标准并延伸出专用短程通信技术(Dedicated Short Range Communications, DSRC)。由于DSRC技术针对车辆的高移动性和数据传输的高可靠、低时延等需求进行了优化,适合应用在V2V和V2I场景下,尤其与安全相关的场景。为评估相关场景下的性能,进行了大量的场测和技术试验。其中,Ching-Ling Huang依托美国的GM技术中心对DSRC的性能进行了评估。Chen针对802.11p、802.11n和3G技术进行了性能评估。王毅志采用DENSO的通信设备,针对典型高速公路场景对802.11p的性能进行了评估。在众多论文和技术试验中,可以看到一些相同的结论:DSRC面向传统蜂窝通信技术以及802.11n技术时,在车载应用方面具有较好的性能表现;DSRC在非视距场景下的表现不佳,且随着道路中车辆数量的增多而降低,当超过道路中车辆通信的某一阈值时,DSRC通信性能急速下降。

随着LTE技术的发展,2015年2月3GPP正式启动了基于蜂窝通信的V2X技术C-V的研究工作;2017年3月,完成LTE-V标准制定。LTE-V包括LTE-V-Cell和LTE-V-Direct两种模式,即LTE-V-Cell借助已有蜂窝网络,支持大带宽、大覆盖通信,满足Telematics应用需求;LTE-V-Direct可以独立于蜂窝网络,实现车辆与周边环境节点低时延、高可靠的直接通信,满足行车安全需求。

2 V2X通信架构

DSRC主要基于IEEE 802.11p与IEEE1609系列标准,是一种专用短程通信技术,主要面向V2V和V2I的通信标准,目前由美国、日本主导;LTE-V是基于LTE的智能网联汽车协议,由3GPP主导制定规范。

2.1 DSRC通信架构

DSRC由路侧单元RSU、车载单元OBU、控制中心以及一些辅助设备组成。其中,路侧单元RSU是其重要组成部分,并通过有线光纤的方式介入Internet。车与车之间的信息交换通过RSU和车载设备(OBU)之间通信实现,Telematics业务通过802.11p+RSU回程的方式实现。可以看到,DSRC架构中需要部署大量的RSU单元才能较好地满足业务需求。

2.2 C-V2X通信架构

C-V2X针对车辆应用定义了LTE-V-Cell和LTE-V-Direct两种通信方式。其中,LTE-V-Direct通过Uu接口承载传统车联网Telematics业务,工作于传统移动通信授权频段;LTE-V-Direct通过PC5接口实现V2V、

V2I 直接通信, 促进实现车辆安全驾驶。特别对于 RSU 部分, 目前 3GPP 认为可以采用 Uu 口方式, 也可以采用 PC5 方式进行通信。

图 1 给出了目前 LTE-V 的系统架构。

●V1: UE 的 V2X 应用与 V2X 业务服务器之间的参考节点, 不在 3GPP 规范讨论的范围内。

●V2: 运营商网络内部 V2X 业务服务器和 V2X 控制功能之间的参考节点。V2X 业务服务器可能连接多个不同 PLMN 的 V2X 控制功能。

●V3: UE 与 UE HPLMN 内的 V2X 控制功能之间的参考节点。基于 TS 23.303 5.2 章节定义的 PC3 参考节点中的业务鉴权相关部分的内容, 既可用于基于 PC5 和 LTE-Uu 的 V2X 通信, 也可用于基于 MBMS 和 LTE-Uu 的 V2X 通信。

●V4: 运营商网络内部 HSS 和 V2X 控制功能之间的参考节点。

●V5: 不同 UE 的 V2X 应用之间的参考节点, 不在 3GPP 规范讨论范围内。

●V6: HPLMN 与 VPLMN 的 V2X 控制功能之间的参考节点。

●PC5: 不同 UE 间 V2X 直传通信的用户面参考节点。

●V2X 控制功能单元 (V2X Control Function): 用于处理 V2X 相关的网络行为的逻辑功能实体。3GPP 目前版本中假定每个 PLMN 只包含一个 V2X 控制功能单元。V2X 控制功能单元用于提供 UE 使用 V2X 通信必要的参数 (包括目标层 2 ID、无线资源参数、V2X 业务服务器地址信息, 这些参数可以预配置给 UE, 或者如果在覆盖范围内, 可以通过 V3 参考节点以信令发送)。也就是说, 它可以提供 UE 在特定 PLMN 中允许 UE 使用 V2X 的特定参数信息, 也可以在 UE 不在 E-UTRAN 服务区时提供 UE 必要的参数 V2X 控制功能单元也可以帮助 UE 获取 V2X USD (用户业务描述), 从而基于 V2X 业务通过 V2 参考节点从 V2X 业务服务器接收 MBMS 消息。

DSRC 和 LTE-V 均需要路侧单元 RSU, 但两种技

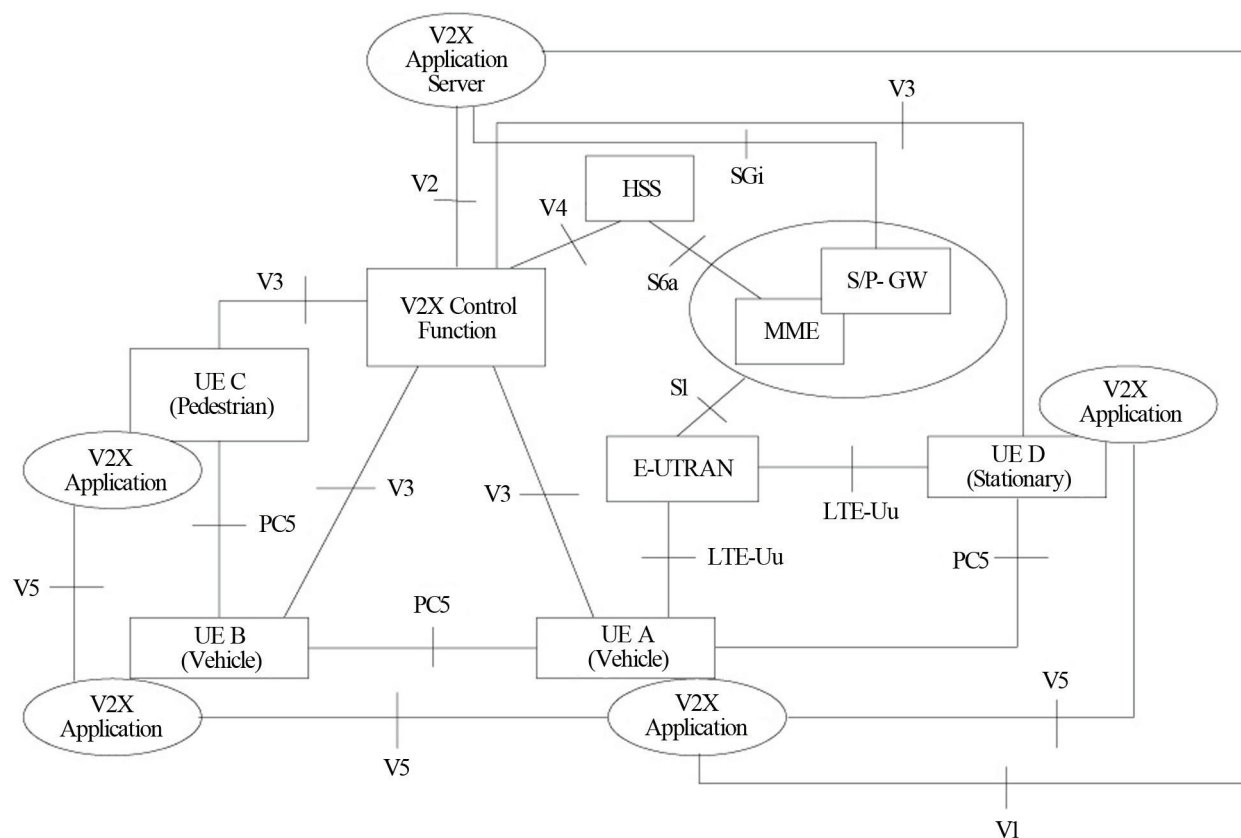


图 1 LTE-V 系统架构

术RSU承载的能力不尽相同。在两种技术中,RSU均会为车辆提供道路相关的信息,如红绿灯、限速等。由于在LTE-V-Direct通信模式下,车辆之间的信息交互基于广播方式,可采用终端直筒模式,也可经由RSU进行交互,因此大大减少了RSU单元需求数量和承载能力。

3 V2X技术和性能对比

3.1 V2X技术对比

DSRC技术与C-V2X技术各有优缺点,其中DSRC技术起步早,技术成熟度高,但在技术演进、V2N等场景应用方面存在局限性(见表1、2)。

表2 DSRC和C-V2X无线接入设计对比

无线接入设计	DSRC	LTE-V2X R14/15	C-V2X R16 (预期)
时间同步	异步设计	同步设计	同步设计
信道 (MHz)	10/20	R14: 10/20 R15: 10/20/N×20	10/20/40/60/80/100
资源复用	TDM方式	TDM和FDM	TDM和FDM
数据信道编码	卷积	Turbo	LDPC
波形	OFDM	SC-FDM	多种方案待定
MIMO方案	标准未规定	支持2发2收	最大支持8发8收
调制方式	最大64QAM	最大64QAM	最大256QAM

3.2 V2X性能对比

通过建立两种应用场景对V2X性能进行对比,分别为城市道路和前向预警。

(1)城市道路场景

仿真参数如表3所示。

表3 城市环境仿真参数

车道设定	双向4车道
车辆部署	播送分布,平均间隔2.5s部署一辆
无线环境	直线路面LOS,十字路口NLOS 相关阴影衰落

(2)前向预警场景

为验证V2X性能,本文采用了一种概率描述的方式用于对前向预警进行评估。即:

$$P(d)=f(d,v,P_a,t_i) \quad (1)$$

与很多因素有关,但为便于分析和操作。本文仅考虑距离因素:

$$P_a=f(d) \quad (2)$$

根据给出的定义,最小安全距离可以表示为:

$$d_s = \sqrt{\left(v_0 t_r + \frac{v_0^2}{2\mu g}\right)^2 + \left(v_B t_r + \frac{v_B^2}{2\mu g}\right)^2} \quad (3)$$

表1 DSRC和C-V2X技术实现对比

技术实现	DSRC	LTE-V2X R14/15	C-V2X R16 (预期)
规范完成度	完成	R14版本已于2016年冻结完成 R15版本预计2018年完成	
低时延业务	支持	支持	空口1ms
V2N通信	部分支持(通过AP方式连接)	支持	支持
无网络辅助独立通信	支持	支持	支持
V2V/V2I/V2P安全和隐私性	支持(参照IEEE WAVE和ETSI-ITS安全规范)	支持(参照IEEE WAVE和ETSI-ITS安全规范)	支持(参照IEEE WAVE和ETSI-ITS安全规范)
V2N安全和隐私性	N/A	支持	支持
5.9GHz共存	与3GPP规划信道相邻	与11p规划信道相邻且会与R14及后序版本存在共存	与11p规划信道相邻且会与R14及后序版本存在共存
演进路线	无	支持	支持(后向兼容R14/15版本)

假设车辆A和车辆B共速形式,则简化为:

$$d_s = \sqrt{2}v_0 t_r + \frac{\sqrt{2}v_0^2}{2\mu g} \quad (4)$$

为避免碰撞,两辆车需要相互成功接受信息:

$$P(d > d_s) = P_A(d > d_s)P_B(d > d_s) \quad (5)$$

根据车辆拥有的相同速度,则把公式(4)带入公式(5)有:

$$P(d > d_s) = \{1 - \prod_{0 < i < s} [1 - P_d(d_0 - \sqrt{2}v_0(t_i + t_l))]\}^2 \quad (6)$$

根据公式(6)得到的结果,DSRC通信性能基本在240m左右,而LTE-V通信距离可以到443m。因此,DSRC通信技术下的车辆安全行驶速度应不高于45km/hr,而LTE-V通信技术下的车辆安全行驶速度可以达到70km/hr。

4 结束语

本文从V2X的两大技术路径入手,分别对LTE-V和DSRC的通信架构、无线技术进行对比。并根据不同的应用场景,对LTE-V和DSRC的通信性能进行了分析。分析结果表明,DSRC在非视距场景下的表现不佳,且随道路中车辆数量的增多而降低,当超过道路中车辆通信的某一阈值时,DSRC通信性能急速下降。在整体上,LTE-V在传输距离、可靠性等方面优于DSRC技术。

参考文献

[1] C. L. Huang, R. Sengupta, H. Krishnan. Implementation and evaluation of scalable vehicle- vehicle safety communication control[J]IEEE communications Magazine, vol. 40, no. 11, pp.

134-141, Nov. 2011.

[2] X. Chen and D. Yao. An empirically comparative analysis of 802.11n and 802.11p performance in CVIS[J]. Proc. 12th Int. Conf. on ITS Telecommunications, 2012:848-851.

[3] Wang Y, Hu J, Zhang Y. Reliability evaluation of IEEE 802.11p-based vehicle-to-vehicle communication in an urban expressway[J]. Tsinghua Sci Tech, 2015, 20(4):417-428.

[4] Z. Liu, Z. Meng, X. YANG, L. PU AND L. ZHANG. Implementation and performance measurement of a V2X communication system for vehicle and pedestrian safety[J]. International journal of Distributed Sensor Networks, 2016, Vol. 12(9).

[5] Mengkai Shi, Chang Lu, Yi Zhang. DSRC and LTE-V communication performance evaluation and improvement based on typical V2X application at intersection[J]. Chinese Automation Congress, 2017:556-561

[6] 邱佳慧, 陈伟, 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.

[7] 赵静. V2X技术现状及展望[J]. 广东通信技术, 2018(1):6-9.

作者简介:

王小村 北京邮电大学工程师

裴斌 中国信息通信研究院泰尔终端实验室工程师

孙靖 中国信息通信研究院泰尔终端实验室工程师

柳恒 中国信息通信研究院泰尔终端实验室工程师

唐雷 中国信息通信研究院泰尔终端实验室工程师

C-V2X technologies introduction and performance evaluation

WANG Xiaochen, PEI Bin, SUN Jing, LIU Heng, TANG Lei

Abstract: V2X, as key technologies of intelligent and connected vehicle, can implement to support vehicle-to-vehicle (V2V), vehicle-to-infrastructure (V2I), vehicle-to-pedestrian (V2P), vehicle-to-network (V2N) scenarios. Furthermore, V2X can be deployed to enhance the ability of vehicle information collection. In this paper, two main V2X techniques, also known by DSRC and LTE-V, are introduced from network architecture, standard progress and technique designs. Finally, some simulation results are given based on several classical scenarios.

Key words: connected vehicle; V2X; LTE-V

(收稿日期:2019-04-08)