

LTE-V 和 DSRC 共享频谱资源的研究

Spectrum Resources Sharing between LTE-V and DSRC

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 03-0054-07

摘要: 提出了一种专用短程通信技术(DSRC)与基于长期演进(LTE)的车对外界信息交互技术(LTE-V)共享频谱资源的机制,该机制从物理层和数据链路层2方面对DSRC技术和LTE-V技术进行了改进。通过仿真验证了该机制能够有效地减小DSRC与LTE-V系统间的干扰,并且能够使LTE-V设备在一定条件下接收DSRC信号,从而提高了采用LTE-V设备的车辆感知周围车辆的能力。

关键词: 车联网; DSRC; LTE-V; 共享频谱资源

Abstract: In this paper, a mechanism for dedicated short range communications (DSRC) and long term evolution (LTE)-based vehicle-to-external information exchange (LTE-V) to share the spectrum resources is proposed. This mechanism improves the DSRC technology and LTE-V technology on physical layer and data link layer. And the simulation results show that the proposed mechanism can effectively reduce the interference between DSRC system and LTE-V system, and allow the LTE-V based devices to receive the DSRC signal under certain conditions, thus improving the ability of vehicles using LTE-V based devices to perceive the surrounding vehicles.

Key words: Internet of vehicles; DSRC; LTE-V; spectrum resource sharing

陈沛吉/CHEN Peiji

马伟/MA Wei

张琳/ZHANG Lin

(北京邮电大学,北京100876)
(Beijing University of Posts and
Telecommunications, Beijing 100876, China)

随着汽车工业的快速发展和车辆的广泛普及,交通拥堵和交通事故严重地影响了人们的生产与生活。为此,车联网受到世界各国政府、工业界和学术界的广泛关注。所谓车联网,是指通过通信技术和传感技术等智能技术,对人、车、道路基础设施的静态/动态信息进行感知、传输和计算,进而有效利用,对交通系统进行管控,改善道路通行能力,保证驾乘人员和行人的生命和财产安全,同时也为自动驾驶提供支持^[1-4]。

车联网主要包含车与车通信(V2V)、车与路边设施通信(V2I),以及车与行人通信(V2P)等^[5]通信模

式。车联网的主要业务类型包括行车安全、交通效率以及信息服务与娱乐3方面。目前,主要有两种通信技术致力于承载车联网通信业务,分别是专用短程通信技术(DSRC)和基于长期演进(LTE)的车对外界信息交互技术(LTE-V)。

DSRC技术是针对车载通信环境设计的一种短距离无线通信技术,支持车辆间以及车辆与路边基础设施之间的点对点、点对多点通信,具有传输速率高、传输时延小等特点^[6]。自从20世纪末开始,美国、日本以及欧洲等多个国家和地区就开始了关于DSRC的研究,目前该技术标准比较成熟,但是由于DSRC技术中路边通信设施部署以及DSRC布网需要大量的资金开销,该技术还没有很好地

商用^[7]。

LTE-V是蜂窝网络技术的延伸,面向车联网应用场景,支持V2V、V2I以及V2P的通信连接与数据传输,它们统称为V2X,其中V2V通信是LTE-V中的核心^[8]。为了满足车联网中的行车安全、交通效率以及信息服务与娱乐等通信场景的业务需求,LTE-V结合了广域蜂窝式通信(LTE-V-Cell)和短程直通式通信(LTE-V-Direct)^[9]。目前,第3代合作伙伴项目(3GPP)对LTE-V的研究正在如火如荼地进行中,其中LTE V2V协议的核心部分已在2016年9月完成,LTE V2X协议的核心部分已在2017年3月完成,V2V作为LTE-V的核心,预计在2018年完结^[10]。中国在LTE-V技术发展过程中发挥了巨大的作用,2013年底中国通信企业提出了LTE-V概念,中兴通讯、大唐等向3GPP提出了大量关于LTE-V的提案,在LTE-V领域占据了一定优势。在政策层面,智能网联汽车是工信部“十三五”规划的主轴之一,并且工信部已经批准5 905-5 925 MHz作为LTE-V直连通信的试验频谱。在云栖小镇示范区,浙江移动搭建的LTE-V试验网展示了车、人、路的智能协同。

收稿日期: 2017-12-10
网络出版日期: 2018-01-21

在统一的标准、强有力的政策以及通信产业和汽车产业的推动下,LTE-V 具有很好的发展前景。

1 LTE-V 与 DSRC 共享频谱资源所面临的挑战

任何一种车联网通信技术都需要使用无线频谱资源。通常为了避免系统间的干扰,LTE-V 设备和 DSRC 设备应该分别工作在不同的频谱资源上;但是由于无线频谱资源的稀缺,LTE-V 设备和 DSRC 设备可能运行在同一无线频谱上。DSRC 技术主要使用 5.9 GHz 频谱资源,美国和欧洲的 DSRC 技术主要使用了 5 855~5 925 MHz 频段,日本的 DSRC 技术主要使用 5 770~5 850 MHz 频段,而中国将 5 725~5 850 MHz 频段划分给基于 DSRC 的车辆无线自动识别系统。LTE-V 技术的主要工作频段预计也在 5.9 GHz 附近,欧洲的德、英、法 3 国立法规定 5.9 GHz 可用于 LTE-V 技术,中国则将 5 905~5 925 MHz 划分为 LTE-V 直连通信的试验频谱。而且由于 DSRC 技术和 LTE-V 技术都致力于提升行车安全,传输与车辆状态相关的信息,当 2 种技术使用同一段无线频谱资源时,2 种系统设备之间的相互感知和互联互通也成为可能。

如图 1 所示,DSRC 技术设备和 LTE-V 技术设备所处的区域和使用的频谱资源可能有 3 种情形。在情形 1 中,DSRC 设备和 LTE-V 设备分布在不同的区域,不存在无线资源使用上的冲突以及信号之间的干扰;在情形 2 中,DSRC 设备和 LTE-V 设备

分布在相同的区域,但是分别使用了不同频段的无线资源,系统间不存在无线资源分配的冲突;在情形 3 中,DSRC 设备和 LTE-V 设备分布在相同的区域,并且使用了相同频段的无线资源,此时需要对 LTE-V 设备和 DSRC 设备使用的无线资源进行协调,以避免系统之间的干扰。

由此可见,DSRC 与 LTE-V 在承载车辆间的通信业务时,可能会共享无线频谱资源。如果不在 LTE-V 和 DSRC 系统间进行协调,则会引起系统之间的干扰,从而导致某一种或者所有系统的通信质量受到严重影响;如果将共享的频谱资源进行分割,一部分分配给 LTE-V 设备,另一部分分配给 DSRC 设备,那么由于 LTE-V 设备和 DSRC 设备的业务需求动态变化,当业务需求比例与资源分配比例存在较大差异时,资源的利用率下降,进而导致业务需求较大的系统的通信质量受到影响。而且由于工作频率不同,LTE-V 设备无法接收并解调 DSRC 设备广播的车辆行驶状态信息。因此,需要对 DSRC 技术和 LTE-V 技术的共享频谱资源的使用进行分析,以促进频谱资源的高效利用。

目前有大量的文献对 LTE-V 资源管理以及 LTE-V 与 DSRC 共享频谱资源进行了研究。在文献[5]中,作者对 LTE-V 车辆用户和蜂窝网络用户的无线频谱资源使用、多个运营商的 LTE-V 车辆用户的无线频谱资源使用以及 LTE 基站覆盖范围之外的 LTE-V 用户的无线频谱资源使用进行了描述与分析。文献[8]中则指出

LTE-V 用户进行通信业务时可以由 LTE 基站进行集中式的资源分配,也可以采用能量感知或者传输调度分配信息进行分布式的资源分配。文献[11]对车辆同时安装 LTE-V 设备和 DSRC 设备场景中的资源使用进行了研究,提出了一种通信业务在 LTE-V 系统和 DSRC 系统之间转换的方案。在该方案中,如果 LTE-V 系统的通信负载较重时,部分采用 LTE-V 技术进行通信的用户会切换到 DSRC 系统中;反之,如果 DSRC 系统的通信负载较重时,部分采用 DSRC 技术进行通信的用户会切换到 LTE-V 系统中。3GPP 标准化组织在 DSRC 技术与 LTE-V 技术共享通信资源方面开展了广泛研究,在 2016 年 5 月举办的 3GPP RAN 71 次会议上,提出了 LTE-V 与 DSRC 共信道共存的议题,爱立信、三星等厂商都提出大量提案,研究的重点在于 LTE-V 和 DSRC 系统间的资源分配、LTE-V 用户和 DSRC 用户之间相互检测等等^[12-13],但是对系统间的信号接收没有进行研究。

我们从物理层和数据链路层 2 个层面对 LTE-V 与 DSRC 共享频谱资源时的系统间资源分配以及信号接收问题进行了相关研究,提出了一种新型的 LTE-V 与 DSRC 共享频谱资源的机制。

2 LTE-V 与 DSRC 共享频谱资源的一种机制

LTE-V 协议标准与 DSRC 协议标准均主要由物理层、数据链路层以及应用层等 3 部分组成。物理层是

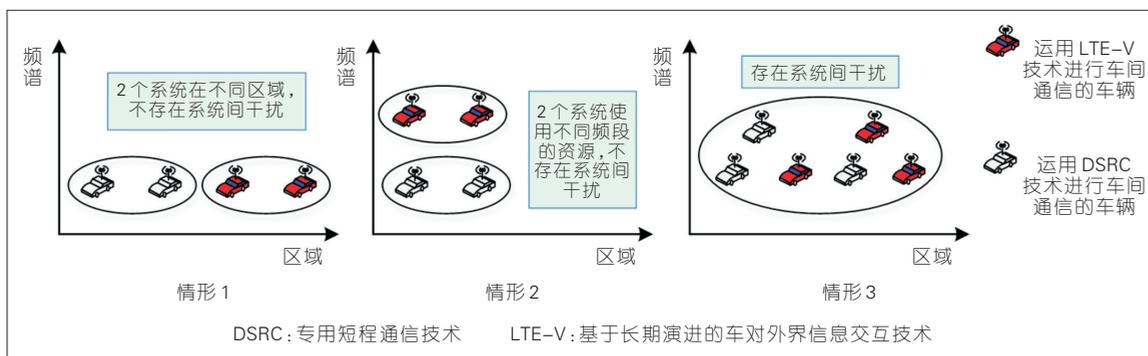


图 1
LTE-V 系统和
DSRC 系统使用频
谱资源时可能的 3
种情形

LTE-V/DSRC系统的底层协议,规范了无线通信使用的传输介质的物理特性参数。数据链路层规定了通信的帧结构、媒体访问控制(MAC)程序以及逻辑链路(LLC)程序等,提供差错和流量控制,保证了信息的可靠传输。应用层提供一系列的服务原语实现通信初始化与释放程序、广播服务、远程应用等相关操作^[5]。

我们所提出的LTE-V与DSRC共享频谱资源的机制将从物理层和数据链路层这两个层面对LTE-V与DSRC技术进行改进,从而使这两种技术能够高效地共享频谱资源。首先,数据链路层的改进用于实现频谱资源在DSRC与LTE-V系统间的有效分配,能够让DSRC系统和LTE-V系统中与车辆行驶安全相关的通信业务得到足够的资源分配,并且避免了系统间的干扰;其次,物理层的改进用于实现LTE-V设备接收DSRC信号,从而提升装备LTE-V设备感知周围车辆的能力。

2.1 数据链路层改进

我们假设DSRC技术和LTE-V技术共享5 855~5 925 MHz频谱资源。DSRC技术与LTE-V技术数据链路层的改进由如下步骤组成。

步骤1:DSRC系统和LTE-V系统的工作带宽一般为10 MHz,将5 855~5 925 MHz频段分成7个10 MHz带宽的资源池,并对7个资源池设置如图2所示的优先级。

步骤2:当某一区域采用LTE-V技术的车辆所需的带宽和采用DSRC技术的车辆所需的带宽之和大于了10 MHz时,DSRC设备在对于该技术优先级最高的资源池4上广播车辆行驶状态信息,为了避免系统间干扰,LTE-V设备在次高优先级的资源池1上广播车辆行驶状态信息。

步骤3:当某一区域采用LTE-V技术的车辆所需的带宽和采用DSRC技术的车辆所需的带宽之和小于或等于10 MHz时,将优先级最高的资

源池4在时域上周期性的划分成两个时间块,前面的时间块0-X(ms)分配给DSRC用户,后面的时间块X-100(ms)分配给LTE-V用户,并且根据DSRC用户密度和LTE-V用户的密度之间的比例,设置分配给DSRC用户和LTE-V用户的时间块的比例为:

$$T_D = \left\lfloor \frac{N_D \times n}{N_D \times n + N_L} \right\rfloor \times P \quad (1)$$

其中, T_D 代表分给DSRC用户时间块的长度, $\lfloor \cdot \rfloor$ 代表取整计算, N_D 为DSRC用户数, N_L 为LTE-V用户数, n 为比例系数, P 为发送数据包的周期。

DSRC用户和LTE-V用户均所分配的时间块上传输与行车安全相关的车辆行驶状态信息,在分配给LTE-V的时间块上,DSRC设备可以在除资源池4以外的资源池上传输与车辆行驶安全相关性不高的信息,如地图的更新信息、多媒体信息、广告信息等;在分配给DSRC的时间块上,LTE-V技术的设备可以在资源池4以外的资源池上传输与车辆行驶安全相关性不高的信息,也可以按2.2节将要描述的物理层信号处理方法在资源池4上接收DSRC设备传输的车辆行驶状态信息。

2.2 物理层改进

假设LTE-V设备和DSRC设备在同一信道上传输车辆的行驶状态信息。LTE-V和DSRC技术均采用正交频分复用(OFDM)的多载波调制技术,存在技术间互联互通的可能性,但是要实现互联互通需要解决一些问题。首先,LTE-V是同步通信系统,而DSRC是非同步通信系统,因此DSRC设备尝试接收LTE-V信号时需要先与LTE-V设备保持时域同步,而LTE-V设备尝试接收DSRC信号时需要持续检测DSRC信号的物理层汇聚协议(PLCP)前导码。其次,LTE-V系统和DSRC系统虽然都采用OFDM技术,也都采用快速傅里叶逆变换(IFFT)和快速傅里叶变换(FFT)对



▲图2 DSRC与LTE-V共享资源的资源池划分及优先级

信号进行多载波调制,但是这两个系统存在细节方面的不同,表1给出了10 MHz带宽的DSRC系统和10 MHz带宽的LTE-V系统在物理层上的主要区别。

从表1可以看出,DSRC系统和LTE-V系统的子载波个数、子载波频率空间、FFT和IFFT周期、FFT和IFFT抽头系数等方面存在明显的区别,这将导致2种系统的OFDM多载波调制具体操作的不同。因此DSRC设备尝试接收LTE-V信号时,需要按照LTE-V系统的子载波个数、子载波频率空间、FFT和IFFT周期、FFT和IFFT抽头系数等参数对接收到的消息进行数字信号处理,而LTE-V设备尝试接收DSRC信号时,需要按照DSRC系统中的各种参数对接收到的消息进行数字信号处理。

在实际系统中,DSRC设备和LTE-V设备还存在采样频率的区别,采样频率的计算如式(2):

$$f = S \times N \quad (2)$$

其中, f 为系统的采样频率, S 为子载波频率空间, N 为FFT和IFFT抽头系数。在LTE系统中,子载波频率空间 S 为15 kHz,FFT和IFFT抽头系数 N 为1 024,通过计算得出LTE系统的采样频率 f_L 等于15.36 MHz。而在DSRC系统中,子载波频率空间 S 为

▼表 1 10 MHz 带宽的 DSRC 系统和 LTE-V 系统的物理层主要区别

	DSRC	LTE-V
子载波总数	52	600
子载波频率空间/kHz	156.25	15
FFT 和 IFFT 周期/ μ s	6.4	66.7
FFT 和 IFFT 抽头系数	64	1 024
保护间隔/ μ s	1.6	4.7(5.2)/16.7
符号间隔(含保护间隔)/ μ s	8	71.4/83.4
调制方式	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
编码率	1/2, 2/3, 3/4(卷积编码)	1/3, 1/16等(Turbo、咬尾卷积、块编码、重复编码)

BPSK: 标准二进制相移键控
DSRC: 专用短程通信技术
FFT: 快速傅里叶变换

IFFT: 快速傅里叶逆变换
LTE-V: 基于长期演进的车对外界
信息交互技术

QAM: 正交振幅调制
QPSK: 正交相移键控

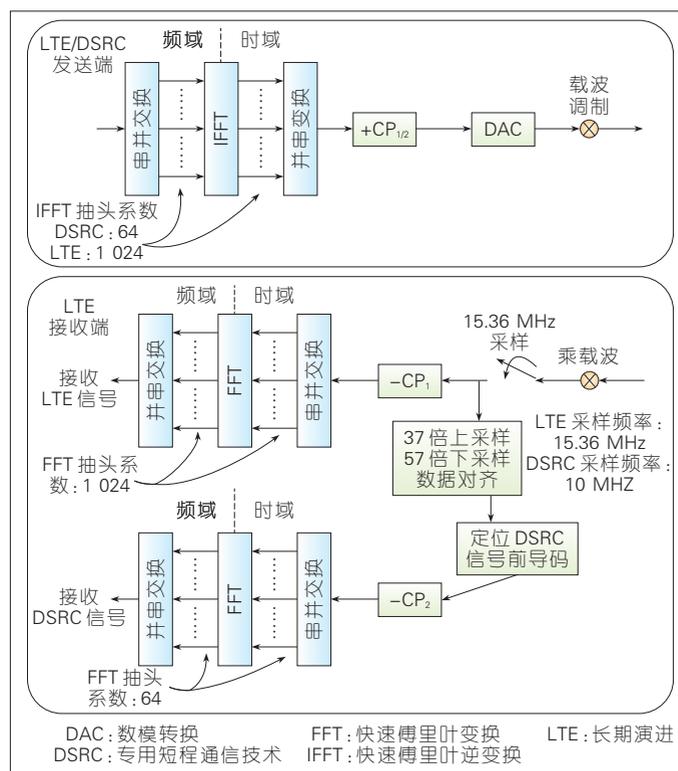
156.25 kHz, FFT 和 IFFT 抽头系数 N 为 64, 同理计算出 DSRC 系统的采样频率 f_s 为 10 MHz。DSRC 和 LTE 设备采样频率的区别是实现 2 种技术互联互通需要解决的重要问题。

上采样和下采样是解决不同系统间采样频率不同问题的常用数字信号处理方法。采样频率变化主要是由于信号处理的不同模块可能有不同的采样频率要求。对于一个样值序列间隔, 几个样值取一次, 这样得到新序列就是原序列的下采样。上采样是下采样的逆过程, 实质也就是内插或插值。由于 LTE-V 设备与 DSRC 设备接收端的采样频率的比值为 15.36 MHz: 10 MHz, 等于 192: 125, 因此, LTE-V 设备的接收端按 15.36 MHz 采样频率采样得到的信号再经过 125 倍上采样和 192 倍下采样处理, 相当于对接收到的模拟信号按照 10 MHz 采样频率进行了采样。由于 125 和 192 数值较大, 而 192:125 约等于 57:37, 因此我们对 LTE-V 设备的接收端按 15.36 MHz 采样频率采样得到的信号进行了 37 倍上采样和 57 倍下采样, 以及数据对齐处理, 从而近似实现了对接收到的模拟信号按照 10 MHz 采样频率采样的相关处理, 10 MHz 带宽的 DSRC/LTE 设备发送端和改进的 LTE 设备接收端对信号的处理过程如图 3 所示。DSRC 设备发送端和 LTE-V 设备发送端信号处理流程基本相同, 但是在具体参数

上存在区别。在图 3 描述的改进的 LTE-V 设备接收 LTE-V 信号和 DSRC 信号的过程中, LTE-V 设备接收到某一载波上的 LTE-V 信号或 DSRC 信号时, 首先对信号乘以相应的载波, 从而将高频信号转换为基带信号, 然后 LTE-V 设备接收端的模数转换(ADC)单元将按照 15.36 MHz 采样频率对转换之后的基带信号进行采样, 采样之后得到的数据将进一步按照 2 种方式分别进行处理: 方式 1 是指 LTE-V 常规处理方式, 方式 2 是 DSRC

信号处理方式。如果接收到的信号是 LTE-V 设备发送的信号, 在处理方式 1 中, 采样得到的数据将会进一步执行去除循环前缀 CP₁ 操作, 去除循环前缀之后的时域数据会经过串并变换转换成 1 024 行并行的时域数据, 接下来 1 024 行并行时域数据经过抽头系数为 1 024 的 FFT 模块进行时域到频域的转换, 转换为 1 024 行并行频域数据, 然后 1 024 行并行频域数据通过并串转换为串行数据, 该串行数据再经过解调制、解码、去交织等操作恢复出 LTE-V 设备发射端发送的信息, 即车辆行驶状态信息; 如果接收到的信号是 DSRC 设备发送的信号, 在处理方式 2 中, 采样得到的数据首先经过 37 倍上采样和 57 倍下采样以及数据对齐处理, 从而近似得到通过 10 MHz 采样频率采样获得的数字域信号, 进一步对该数字域信号进行 DSRC 系统 PLCP 前导码的检测, 从而得到信号的有效部分, 接下来对信号的有效部分进行去循环前缀 CP₂、串并变换、FFT 时域到频域转换、并串变换等处理, 从而得到

图 3
DSRC/LTE 设备发送端和改进的 LTE 设备接收端信号处理过程



我们仿真的区域为 2 000 m 的一条道路,当 LTE-V 用户和 DSRC 用户总数较多时(大于 200),我们将 LTE-V 用户部署在图 2 所示的资源池 1 上,把 DSRC 用户部署在图 2 所示的资源池 4 上。我们假设 LTE-V 用户和 DSRC 用户发送的车辆行驶状态信息占时 1 ms,车辆发送的行驶状态信息被周围一定距离内的车辆接收的概率(数据包的成功解码率(PRR))的仿真结果如图 5 所示。

图中每一个点代表发射机和接收机相距 300 m 之内所有数据包的平均到达率,横坐标为 DSRC 或者 LTE-V 的用户数,在不同频段工作的 2 种车联网技术能够在链路层共存,表现出不错的性能。

当 LTE-V 用户和 DSRC 用户总个数较少时(小于 200),我们仿真了 LTE-V 和 DSRC 采用时分方式共用图 2 所示的资源池 4 时的车辆发送的行驶状态信息被周围车辆接收的概率。我们按照 LTE-V 用户个数 N_L 和 DSRC 用户的个数 N_D 之间的比例将资源池 4 按周期 P 划分为前后 2 个时间段,参照公式(1),参数 n 这里取 1.1,是因为图 5 中 DSRC 的性能比 LTE-V 差,因此希望多分配资源提高 DSRC 的性能, P 为固定的 100 ms。图 6 和图 7 中展示了当 DSRC 车辆数固定为 50, LTE-V 用户个数从 25 增加到 125 时, LTE-V 用户和 DSRC 用户采用时分方式占用资源池 4 并进行车辆行驶状态信息广播时,车辆发送的行驶状态信息被周围一定距离内的车辆接收的概率。

考虑到发送车辆与接收车辆的距离因素,我们分别统计了 0~300 m 范围内的 PRR 值。统计范围以 20 m 为步长,共有 15 组不同区间的数据,并将统计的 PRR 值绘成 PRR 曲线图,以此作为系统性能指标。图中横坐标为发送车辆与接收车辆的距离,可以看出当用户总数较小时, LTE-V 和 DSRC 可以同时仅使用资源池 4 中的频谱资源,同样能够得到较高的包接

图 5 ▶
高 LTE-V/DSRC 车辆
用户密度时 DSRC 与
LTE-V 共存效果图

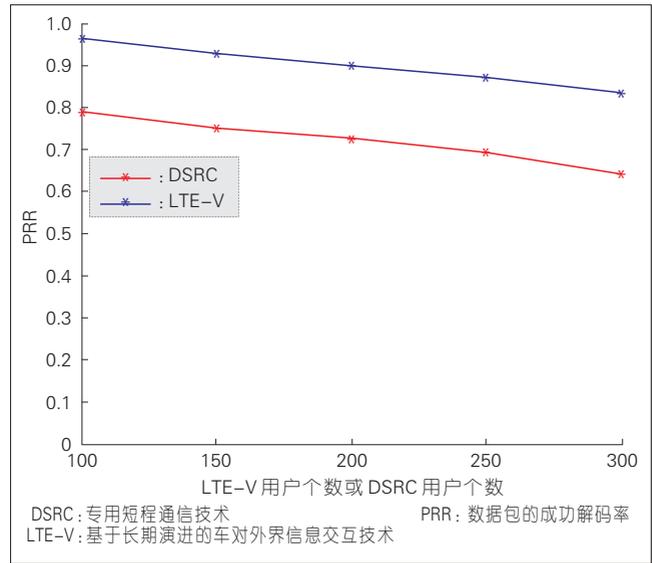


图 6 ▶
低 LTE-V/DSRC 车辆
用户密度时共存场景
中 LTE-V 性能图

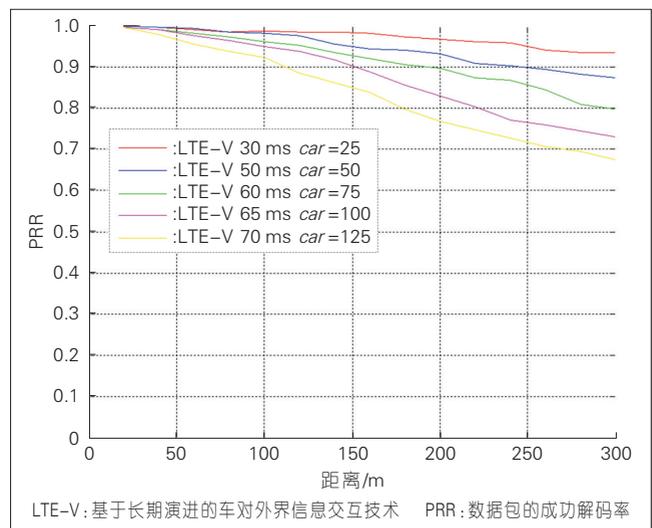
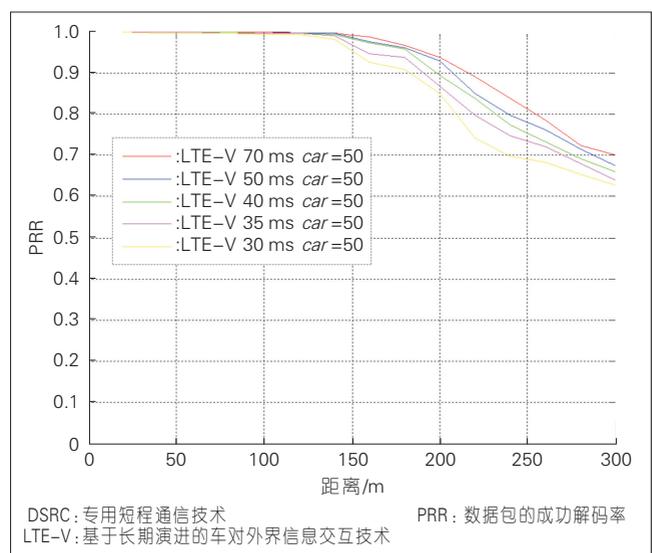


图 7 ▶
低 LTE-V/DSRC 车辆
用户密度时共存场景
中 DSRC 性能图



收概率,并且由于DSRC用户和LTE-V用户工作在同一频段上,LTE-V设备能够按照2.2节描述的物理层改进方法接收DSRC设备发送的信号。

4 结束语

文章对DSRC技术与LTE-V技术共享频谱资源进行了研究,提出了一种DSRC与LTE-V共享频谱资源机制。该机制在DSRC技术与LTE-V技术的数据链路层的改进保证了DSRC技术和LTE-V技术都能分得足够的频谱资源进行车联网业务,并且能够避免DSRC与LTE-V系统间的干扰。该机制中对LTE-V技术物理层的改进能够使LTE-V设备接收DSRC信号,从而提高了装备了LTE-V通信模块的车辆感知周围车辆的能力,进而提升了道路行驶安全。

致谢

特别感谢北京邮电大学贾树葱博士在研究期间的细致指导和仿真支持,感谢中兴通讯贾倩高级工程师的业务指导!

参考文献

- [1] 吴志红,胡力兴,朱元.基于DSRC交通路口的车联网的研究[J].无线互联科技,2015,12(5):39-42. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6944.2015.05.018

- [2] 李静林,袁泉,杨放春.车联网群智感知与服务[J].中兴通讯技术,2015,21(6):6-9. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6868.2015.06.002
- [3] WILLKE T L, TIENRAKOO P, MAXEMCHUK N F. A Survey of Inter-Vehicle Communication Protocols and Their Applications[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2009, 11(2). DOI: 10.1109/SURV.2009.090202
- [4] LIU Z S, LIU Z Y, MENG Z, et al. Implementation and Performance Measurement of A V2X Communication System for Vehicle and Pedestrian Safety[J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2016, 12(9)
- [5] SEO H, LEE K D, YASUKAWA S, et al. LTE Evolution for Vehicle-to-Everything Services[J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(6):22-28. DOI: 10.1109/MCOM.2016.7497762
- [6] IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and Information Exchange between Systems-Local and Metropolitan Networks-Specific Requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical (PHY) Specifications-Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments: IEEE Std 802.11p-2010[S]. New York: IEEE Computer Society, 2010
- [7] 方芳,兰琛,范全放,等.几种常见车路协同通信技术的比较研究[C]//中国智能交通年会大会. 2016
- [8] SUN S H, HU J L, PENG Y, et al. Support for Vehicle-to-Everything Services based on LTE[J]. IEEE Wireless Communications, 2016, 23(3):4-8. DOI: 10.1109/MWC.2016.7498068
- [9] CHEN S, HU J, SHI Y, et al. LTE-V: A TD-LTE based V2X Solution for Future Vehicular Network[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2016, 3(6): 997 - 1005. DOI: 10.1109/JIOT.2016.2611605
- [10] 温志勇,修战宇,陈俊先. LTE-V车路通信技术浅析与探讨[J].移动通信,2016,40(24):41-45. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1010.2016.24.009
- [11] Dreyer N, Moller A, Mir Z H, et al. A Data Traffic Steering Algorithm for IEEE 802.11p/LTE Hybrid Vehicular Networks[C]// Vehicular Technology Conference. USA: IEEE, 2017. DOI: 10.1109/VTCFall.2016.7880850

- [12] Qualcomm Incorporated. Co-Channel Coexistence for DSRC and LTE-V2V: 3GPP R1-166268[S]. Nice: 3GPP, 2017
- [13] LG Electronics. Considerations on the Co-Channel Coexistence of LTE PC5 V2V and IEEE 802.11p: 3GPP R1-166839[S]. Nice: 3GPP, 2017

作者简介



陈沛吉,北京邮电大学硕士研究生在读;主要研究领域为LTE及车联网。



马伟,中兴通讯股份有限公司系统产品技术规划部高级系统工程师;主要研究领域为无线通讯标准的研究和标准化工作;长期参与3GPP和CCSA的标准制定,主导和参与制定了TD-SCDMA、WCDMA等多个终端行业标准和终端国际标准,获得通信国际标准化协会奖励2项;已主持或参与制定国际/国内标准规范15个,申请发明专利80余项。



张琳,北京邮电大学教授、博士生导师、信息与通信工程学院执行院长;主要研究领域为信息编码、3GPP LTE(SAE)演进、移动互联网智能业务开发、宽带无线接入等;曾主持或参与多项国家自然科学基金、国家“863”项目以及国际科技合作项目;已发表论文120余篇,出版著作2部。