

浅谈 802.11p 在车联网中的应用及发展趋势

陈广奕(山东大学威海分校 威海 264209)

摘要 车联网是物联网技术在智能交通系统(ITS)中的具体应用。本文对车联网技术的研究现状进行了详细介绍,深入分析了基于 802.11p 标准的车载无线接入物理层关键技术所面临的技术难题及其解决方案。本文还对基于 802.11p 的车联网的应用及未来发展趋势进行了探讨。

关键词 802.11p 车联网 无线接入 智能交通

1 引言

汽车的发明作为现代社会的标志之一,极大促进了人类交通的范围和效率,并经过百余年的发展成为了世界经济的支柱产业之一。但同时,汽车也给人类社会带来了诸多问题:交通拥堵、环境污染、交通事故造成的人员伤亡和财产损失等已经成为制约社会和经济发展的因素之一。交通安全、交通堵塞及环境污染是困扰当今交通领域的三大难题,尤其以交通安全问题最为严重。根据世界健康组织的预测,到 2020 年,交通事故伤害在数量上将上升 65%,成为造成人类伤残的第三大因素,造成的经济损失占到全球 GDP 的 1~2%^[1]。在汽车产业快速发展的今天,如何解决车和路的矛盾、交通和环境的矛盾已刻不容缓。基于无线通信技术的车联网技术为解决这一问题提供了有效途径。车联网是指车与车、车与路、车与人、车与传感设备间的通信系统。它可以实现车与车、车与人、车与路的互联互通和信息共享,还可以收集车辆、道路和环境的信息,并在信息网络平台上对多方采集的信息进行加工、计算、共享和发布,根据不同的功能需求对车辆进行有效的引导与监管,以及提供专业的多媒体与移动互联网应用服务。

根据美国交通部的数据,采用基于车载无线接入的车联网技术,可以有效避免 82%

的交通事故,减少数千人的伤亡,并节约数十亿美元的财产损失^[2]。为此,世界各发达国家竞相投入大量资金和人力,进行大规模的车联网技术研究和试验。IEEE 已经颁布了以 802.11p 为基础的车载短程无线通信标准,我国也已正式启动了智能交通通信标准制定工作。车联网将继续互联网、物联网之后,成为未来智能城市的另一个标志。

2 802.11p 网络协议概述

802.11p 是一个由 IEEE 802.11 标准扩充来的通信协议^[3],主要用于智能交通系统(ITS Intelligent Transportation Systems)中的专用短程通信(Dedicated Short Range Communications,DSRC)。其应用主要是进行高速车辆之间以及车辆与 ITS 路边基础设施(5.9 千兆赫频段)之间的数据交换。802.11p 针对车载特殊环境进行了多项改进,包括采用更先进的切换机制(handoff scheme)、移动操作、增强安全、识别(identification)、对等网络(peer-to-peer)认证等。此外,802.11p 规定在车载专用频率上进行通信,可以在汽车之间进行,也可以在汽车与路边基础设施网络之间进行。802.11p 可帮助车辆之间维持安全距离,协助大型客车或是货车发现可能从后视镜死角切入的小型车,或者是通过路边的交通设施传来的信息,

向驾驶员提供接下来的交通状况,例如提供前方堵车、事故或是道路施工等讯息,甚至天气情况,从而改善交通情形,还可以通过道路上的车辆回传的信息进行实时交通状况分析。

3 802.11p 物理层关键技术研究

802.11p 标准的基带物理层内核依然是基于 802.11a 的 OFDM 传输方案,但是 802.11 是为室内宽带接入而设计标准,它的物理层帧结构、保护间隔、导频模式等 OFDM 参数设计都只针对室内的静态多径模型和 5km/h 以下的步行速度。如果把传统的按室内接收方案设计的 802.11 芯片拿到车载环境下使用,城市里复杂的长多径效应和车辆高速移动引起的信道快速时变将导致传统 802.11 芯片性能严重下降。因此,必须通过对 802.11 物理层 OFDM 收发算法的重新优化和设计,以增加一定的复杂度为代价,在不改变 802.11 标准物理层参数的前提下,使 802.11 的 OFDM 基带能够稳定地在室外移动环境下工作。传统的 802.11 基带 OFDM 收发算法与 VLSI 实现方案早已成熟多年,但是要把这个室内标准在室外移动环境下应用,而且是在基本 OFDM 参数如保护间隔长度、导频数量等不满足室外移动接收要求的情况下做到这一点,需要用到一系列

OFDM 接收技术中最新的成果,如译码软输出的迭代型 OFDM 接收机结构,时域频域结合型信道估计与均衡,迭代型码间干扰与子载波间干扰消除,多天线收发等技术。

车载移动环境下的无线接入所面对的两个主要挑战分别是室外长多径效应所引起的严重符号间干扰和信道时变性能对信道估计性能的影响,下面本文将着重对其产生机理及解决方案进行讨论。

(1) 室外长多径引入的 OFDM 符号间干扰消除技术

如图 1 所示^[4],室内接收时的多径强度通常在 $0.5\mu\text{s}$ 以后迅速衰减,据统计,室内多径的平均时延值在 $0.15\mu\text{s}$ 左右,这相对于 802.11 标准的 OFDM 符号持续时间 $3.2\mu\text{s}$,保护间隔 $0.8\mu\text{s}$ 而言,完全可以有足够的裕量保证稳定良好地接收。但在高速移动环境

下,多径的长度和强度就大大增加了,据统计,城市室外多径的平均时延达到了 $0.8\mu\text{s} \sim 1\mu\text{s}$,已经足以让 802.11 标准的 OFDM 帧保护间隔失效,后果是在 OFDM 帧之间引入了不可忽略的符号间干扰,进而导致接收数据失败。室外长多径引入严重的 OFDM 符号间干扰必须通过专门的时域与频域均衡模块来纠正。

具体解决方案主要包括:频域和时域结合的信道均衡技术及专门的带窗函数平滑效应的 FFT 处理单元。时域均衡可以采用文献^[5]中所提的传统方法,利用带训练序列的判决前馈+反馈型(FFE+DFE)结构,安排 3~5 抽头的结构,估计初步的信道响应并初步去除 ISI(Inter-symbol interference, ISI)。在此基础上再进行频域均衡,将以串行的方式处理每个子载波,针对已知的导频采用 2 抽头的 DFE 结构完成,能进一步去除残余符号间干扰,并跟随一个采用 Viterbi 算法的极大似

然序列估计器 (MLSE),用来抵消 Hanning FFT-Window 之后残余的子载波间干扰(Inter-carrier interference, ICI)。相比传统 FFT 处理器多采用的矩形窗,加入 Hanning 窗函数做 FFT-Window 的平滑处理,可以减少时频转换过程中的 ISI 泄漏,并且把 ICI 限制在相邻 2 个子载波之间,从而提升系统性能。

(2) 信道时变性能对信道估计性能的影响及解决方法

图 2 显示了高速移动环境对无线宽带通信带来的另一个严重问题,就是信道衰落带有时变特性带来一个数据帧周期内的信道畸变^[4]。这种信道变化导致了传统的 OFDM 频域信道估计方法在快速时变信道中会产生估计结果不准的现象,同时时变信道对同步环路的跟踪能力也提出了更高的要求。这种信道的快速时变性和用于估计的离散导频被 ISI 与 ICI 污染,使得基于 DFT 的传统最小均方(MMSE)信道估计不再准确。为解决这一问题,可以采用基于递归最小二乘法(RLS)的信道估计,以牺牲一定的复杂度来换取良好的信道跟踪性,利用每个离散导频点与其相邻的数据子载波和延迟一个 OFDM 符号的数据做相干检测来完成 RLS 估计。此外,采用迭代型接收机可以利用副解码单元和主解码单元迭代工作来进一步提升系统性能。副解码单元的输出经过重调制以后送给信道均衡与估计模块,可以进一步提高信道估计的性能,另外,主解码器中的干扰消除模块利用了前两级的计算结果,能进一步减少 ISI、ICI 干扰带来的影响。

4 802.11p 研究现状及现场试验

近几年来,车辆通信网络逐渐成为智能交通系统领域中的热点问题。各国都致力于把先进的通信技术应用到车辆交通系统中,使其更加安全、智能和高效。美国伊利诺伊大学 Urbana Champaign 分校 Nitin Vaidya 教授为首的团队开发了多信道测试的无线 Mesh 网络测试台。UCLA 教授 G.Pau 提出了车辆间特殊路由协议(PVRP),搭建了系统测试平台进行了验证。密歇根大学郭锦华和

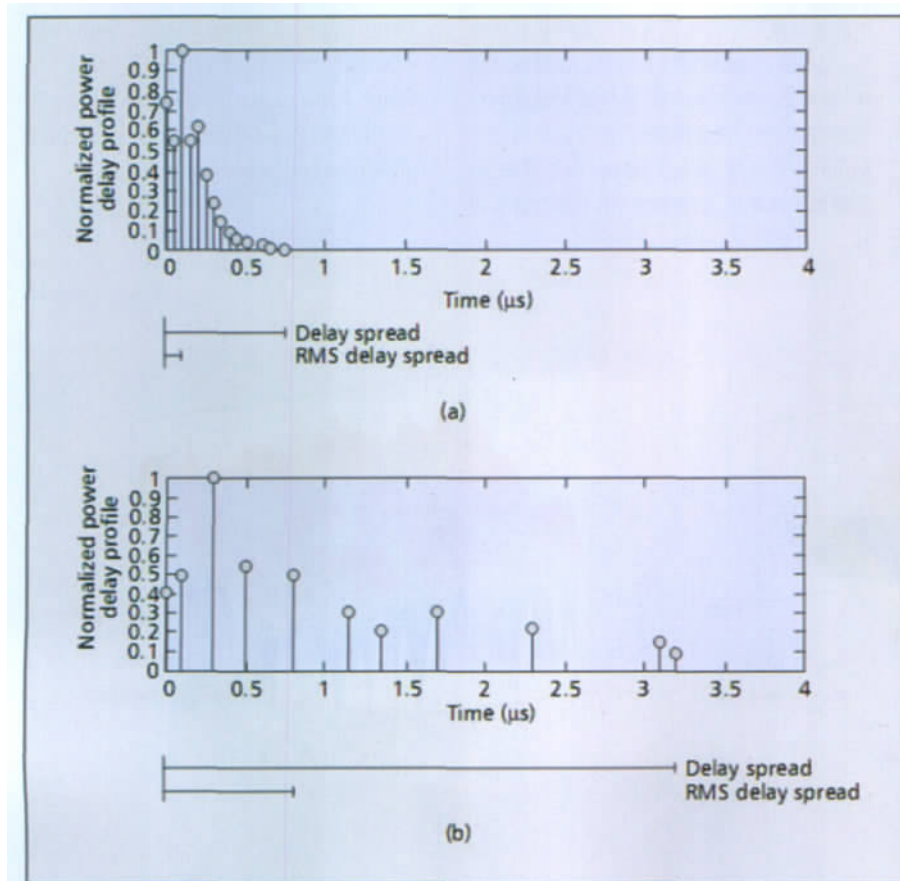


图 1 室内、室外多径分布比较:(a)室内多径典型值,(b)室外多径典型值

向卫东教授开发了基于 5.9 GHz 的车载无线接入(WAVE)系统信道测试平台^[6]。2011 年 6 月,德国研究人员通过一项为期一年的试验收集的初步数据显示发现,如果每 1000 辆车中有 5 辆车彼此进行通信联络的话,就可减轻道路拥堵^[7]。

美国目前已经颁布了以 IEEE 802.11p 为基础的车载无线通信标准,被认为是除了移动运营商或者电信运营商以后会变成全球第三大通信系统。欧盟、日本等先进国家也都在基于无线车载接入的智能驾驶、车辆与道路基础设施的互动、车和车碰撞和制止等方面进行了深入研究,实验证明可以通过路边的设备,计算每辆车的危险,要发生故障的时候,通过自动控制的方式避免车辆的碰撞。在交叉路口、车辆流量过大的拥挤道路上,在不容易发现对面来车的盲区路段,车联网技术可以非常有效地规避碰撞、降低风险。2011 年,飞利浦公司(Philips)基于澳大利亚 Cohda 公司所研制的车载短程专用无线通信芯片开发出的车联网终端方案,并与德国 BMW 汽车公司合作,进行了长时间的实际路测,取得了非常良好的效果^[8]。

5 未来发展趋势

车联网是物联网在汽车领域的一个细分应用,是移动互联网、物联网向业务实质和纵

深发展的必经之路,是未来信息通信、环保、节能、安全等发展的融合性技术。使用 802.11p 有望实现将 Wi-Fi 内置于汽车中,从而与移动通信网融为一体,或者是整合这些标准的多模产品,构成一个用于车辆安全通信、交通信息传递、宽带无线多媒体数据传输的车辆移动通信网络。据尚普咨询发布的《2010-2013 年中国物联网的发展现状及投资趋势预测报告》显示,未来车联网将主要通过无线通信技术、GPS 技术及传感技术的相互配合实现。在未来的车联网时代,无线通信技术和传感技术之间会是一种互补的关系,当汽车处在转角等传感器的盲区时,无线通信技术就会发挥作用;而当无线通信的信号丢失时,传感器又可以派上用场,车里的传感器还能够收集数据,并通过当地的无线网络与其他车辆交换信息,并把这些数据传输给交通指挥中心,从而对交通拥堵产生很大影响。

预计未来几年,我国将迎来车联网市场的高速发展期,汽车驾驶也将迈向智能化时代。试想在不远的将来,人们可以在驾驶过程中,获得实时的交通信息,选择路况最佳的行驶路线,在面对紧急路况时,也可以提前进行防范和主动规避,甚至实现部分自动驾驶,从而缓解车辆事故、交通拥堵、停车难等诸多问题。

参考文献

- [1]Alexander,P.,Haley,D.,Grant,A.Proceedings of the IEEE,2011,99(7):1213-1235.
- [2]Kenney,J.B.Proceedings of the IEEE,2011,99(7):1162-1182.
- [3]IEEE Std 802.11pTM-2010,Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications.Amendment 6:Wireless Access in Vehicular Environments.
- [4]Paul Alexander,David Haley.Outdoor Mobile Broadband Access with 802.11. IEEE Communications Magazine,2007.
- [5]Hlaing Minn,Vijay K.Bhargava.An Investigation into Time-Domain Approach for OFDM Channel Estimation.IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING,2000,46(4).
- [6]刘富强,单联海.车载移动异构无线网络架构及关键技术.中兴通讯技术,2010(3).
- [7]<http://ngmchina.com.cn/web/?viewnews-180766>.
- [8]<http://www.nxp.com/news/press-releases/2011/05/nxp-demonstrates-new-car-to-x-communication-platform.html>.

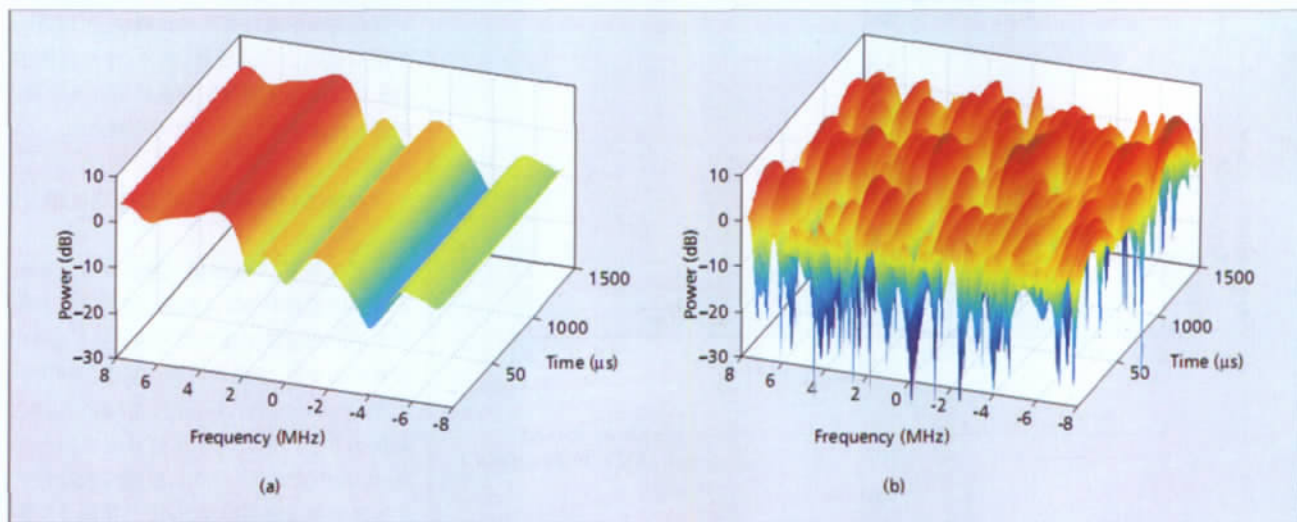


图2 室内、室外信道衰落情况对比:(a)室内准静态接收的平坦衰落信道,(b)高速移动接收的快速时变衰落信道