

车载Ad Hoc网络

Vehicle Ad Hoc Network

中图分类号: TP393 文献标识码: A 文章编号: 1009-6868 (2009) 06-0028-04

摘要: 车载自组织网络(VANET)作为移动自组织网络(MANET)的特殊子类,因其在智能交通和车载娱乐方面的广阔应用前景,目前受到业界的普遍关注。VANET的主要特点是车辆高速行驶、信道快速衰落、多普勒效应严重、网络拓扑变化快,由此将带来许多传输和组网的问题。

关键词: 车载自组织网络; 802.11p标准; 专用短距离通信; 车载环境无线接入

Abstract: As a special subclass of Mobile Ad hoc Network, Vehicle Ad Hoc Network (VANET) has attracted much attention from the whole industry because of its bright future for wide applications in Intelligent Transportation Systems (ITS) and vehicle entertainment. Its main features include high-speed nodes (vehicle), fast fading of channels, more Doppler shift and rapid change of network topology, which will bring many transmission and networking issues.

Key words: vehicle Ad Hoc network; 802.11p standard; dedicated short range communications; wireless access in vehicular environments

郝建军/HAO Jianjun

罗涛/LUO Tao

乐光新/YUE Guangxin

(北京邮电大学信息与通信工程学院, 北京

100876)

(School of information and communications Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

DSRC 标准化工作转入 IEEE 802.11p 与 IEEE 1609 工作组进行,主要还是针对高速移动环境中的通信对 IEEE 802.11 标准的相关内容进行一些修改。IEEE 802.11p 是美国交通部针对欧洲的车辆通信网络,特别是电子道路收费系统、车辆安全服务与车上的商业交易系统等应用而设计的一种中长距离通信的空中接口标准,它计划将被用在车载通信系统中。日本的 DSRC 标准由 TC204 委员会承担,已经完成标准的制订工作,同样也支持 IEEE802.11p 协议。欧洲早在 1994 年就由 CEN/TC278 开始了 DSRC 标准的起草,1997 年“5.8 GHz DSRC 物理层和数据链路层”标准获准通过。英特尔公司已经开发出应用于车内环境的软硬件系统设计平台,可用于建立车内系统模型机,装载目前最先进的 PC 软件和开发车内新的应用项目。中国政府在继续加快基础设施建设的同时,已提出将智能交通(ITS)作为中国未来交通运输领域发展的重要方向和优先领域予以重点支持。

车载环境无线接入(WAVE)是下一代专用短距通信(DSRC)技术,能够提供高速的车到车(V2V)和车到中心台(V2I)数据传输,主要可以用于智能交通系统(ITS),车辆安全服务以及车上因特网接入。WAVE 系统工作于

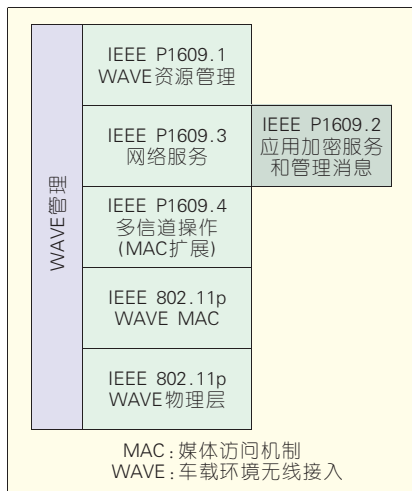
汽车工业的发展和私家车的普及,行车安全和道路交通事故已经成为全球性的公共安全问题。同时,车辆越来越多地介入人们的日常生活,人们对车辆的娱乐功能也提出了更多更高的需求。随着信息通信技术的进一步发展,如何通过日益发达的无线通信网络来提高汽车道路安全就成为业界所关注和产生浓厚兴趣的问题。基于此,车载自组织网络(VANET)的概念应运而生。车辆自组织网络结合全球定位系统(GPS)和无线通信网络,如无线局域网(WLAN)等,为处于高速运动中的车辆提供一种高速率的数据接入网络,进而可为车辆的安全行驶、计费管理、交通管理、数据通信和车载娱乐等提供一种可能的解决方案。

早前提出的移动自组织网络(MANET)是一种自治的网络,移动节点可以在飞机、船舶上,也可在卡车、

小汽车上。从这一意义上来说,车载自组织网络(VANET)完全可以看作是移动自组织网络 MANET 的一个重要分支。车辆自组网与传统无线通信系统相比较,具有车辆高速行驶、信道快速衰落、多普勒效应严重、网络拓扑变化快等特征,这些也都是当前无线移动通信面临的主要难题。

1 VANET 概述

最早关于车辆无线移动通信的研究可以追溯到 1992 年,美国材料与试验协会(ASTM)首先提出的专用短距离通信(DSRC)技术,该技术采用 915 MHz 频段,主要针对电子不停车收费(ETC)业务而开发。2002 和 2003 年 ASTM 分别通过了 DSRC 标准 E2213-02 及其改进版本 E2213-03,工作频率为 5.9 GHz。E2213-03 以 IEEE 802 标准为基础,主要针对车载环境下的通信进行了一系列的改进。从 2004 年开始,



▲图1 IEEE P1609协议栈参考模型

5.850 ~ 5.925 GHz, 采用OFDM传输技术, 能够达到6 ~ 27 Mbit/s的信息传输速率。在WAVE系统中, 一个路侧单元(RSU)可以覆盖方圆1 000英尺。WAVE系统基于IEEE 802.11p协议, 此协议目前仍在积极开发之中。图1给出了IEEE P1609的整体结构以及IEEE802.11p在其中的具体位置。在图中, 可以看到802.11p协议在几个管理协议的下层操作, 归它负责的有资源管理、网络服务、信道选择以及安全性能。

目前, 关于WAVE演示系统的研究, 美国的加州大学洛杉矶分校、俄亥俄州立大学、乔治亚理工大学等也都有系统原型发布, 但大都还仍然处在开发的原始阶段。

VANET的应用可以分为两大类: 一类主要解决行车安全, 称之为安全应用; 另一类主要提供增值业务, 如满足乘客在车环境中的娱乐等功能, 称之为用户应用。

1.1 安全应用

安全应用能够显著地降低交通事故的数量。据研究, 如果司机在碰撞发生的前半秒钟被予以示警, 则60%的交通事故不会发生。安全应用主要在3类场景中发挥作用。

(1) 事故现场预警

车辆在公路上高速行驶时司机

们只有极少的时间对他们前方的车辆做出反应。如果前方发生了交通事故, 正在朝事故发生点行驶的车辆常常在司机们刹住车之前就撞上了。而安全应用能够用于提醒司机们沿着某条道路的前方有交通事故, 从而避免连续相撞的发生。同时, 安全应用也能够用于及时提醒司机们前方距离较近的车辆从而事先避免事故的发生。

(2) 十字路口

行驶在十字路口附近或者穿过十字路口是司机们所面临的最复杂的挑战之一, 因为此时会有更多的车辆交叉行驶, 这使得发生车辆相撞的概率很高。根据美国交通部门的调查, 2003年, 在十字路口发生的车辆相撞事件数量占有所有登记的车辆相撞事件的45%, 占有所有事故的21%。如果有一个安全应用能够在撞击发生之前提醒驾驶员, 从而驾驶员能够采取措施预防相撞, 那么事故的发生将会大大减少。

(3) 拥塞的道路

安全应用还能够用于提供给驾驶员到达目的地的最佳道路选择。这样就能降低道路的拥塞, 保持交通的顺畅, 从而提高道路的容量, 避免交通堵塞; 在通畅的道路上驾驶员能够不那么烦躁从而更倾向于遵守交通规则, 这对减少交通事故的发生也有直接影响。

1.2 用户应用

用户应用可以在旅程中给乘客提供广告、娱乐等信息。有两种最基本用户应用。

(1) 因特网连接

对因特网的持续访问能力日益成为大多数人的需求, 再加上许多用户应用本身就要求对因特网的连接, 因此, 向车辆使用者以及其他的VANET网络应用程序提供因特网连接服务是必要的。这也意味着通常的因特网业务能够在车辆中无缝地地实现(如连续下载大文件), 而不需要

重建。

(2) P2P应用

在VANET网络中, 使用P2P应用也是打发无聊时间的一个有趣的方法。车里的乘客们(非驾驶员)能够分享音乐、电影等并且能够彼此聊天、玩游戏。在长途旅行时, 他们还能够从专门的服务器中上传或者下载音乐和电影。

2 VANET相关技术

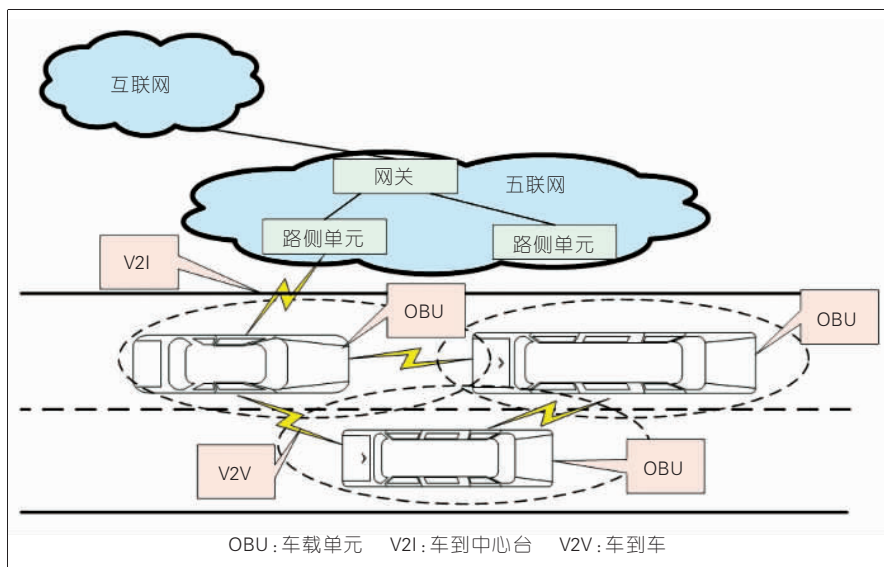
2.1 网络架构

VANET网络的基本架构主要有两大类: 一大类是节点(车辆)和中心的V2I结构, 另一类是节点(车辆)和节点(车辆)间的Ad Hoc结构。

图2给出了这两类的综合架构示意。通信系统由3部分组成, 包括车载单元(OBU)、RSU以及专用短距离无线通信协议。OBU是放在移动的汽车上, 相当于通信系统中的移动终端, 不同点是通信方式和频率的差异。另外OBU是基于嵌入式处理单元, 处理能力比较强。RSU又称路旁单元、车道单元、车道设备, 主要是指车道通信设备, 负责车载单元的接入。DSRC协议采用简化的3层协议结构, 包括物理层(PHY)、数据链路层(LLC)和应用层。

2.2 物理层技术

目前大部分的V2V或V2I实验系统使用的均是IEEE802.11a、802.11b、802.11g技术。即将出台的IEEE802.11p标准使用基于正交频分复用(OFDM)的物理层, 与IEEE802.11a协议中的物理层类似。二者主要区别是物理层参数取值的不同, IEEE802.11p中OFDM的参数在时域中的值被翻倍, 目的是降低由多径传播延时以及多普勒频移效应引起的符号间干扰。其传输范围是从300 m到1 km, 相应的信号带宽从20 MHz降为10 MHz, 数据传输速率的范围从6~54 Mbit/s变成3~27 Mbit/s。



▲图2 VANET综合架构示意图

也有极少数提出的解决方案不是基于802.11技术。如欧洲的车队网(FleetNet)^[1]项目中建议的物理层技术是基于通用移动通信系统(UMTS)中的地面无线接入时分双工(UTRA-TDD)方式。文献[2]中介绍了此方案,并指出:无论是在相对速度高的情况下还是在多径延时导致的信号大幅度变化的情况下,都能在误比特率方面获得比基于IEEE802.11b协议的解决方案更好的性能。

2.3 媒体访问机制

媒体访问机制(MAC)层的关键技术主要是对MAC的资源进行管理,包括呼叫接纳和切换技术、调度技术、QoS架构、链路预测及自适应技术等。车载通信是在高速行驶的汽车上实现通信,要求移动和漫游的能力,以及高效、安全的切换技术。无线环境下MAC层的接入方式主要可划分为基于竞争的共享介质方式和基于调度的独享介质方式两大类。基于竞争的方式中,典型的有CSMA/CA协议,比较适用于分布式的网络。基于调度的独享介质方式需要有中心控制节点参与信道的划分,比如FDMA、TDMA、CDMA等方式。现阶段,VANET的MAC协议主要有基于CSMA/CA的MAC

协议和基于TDMA的MAC协议以及混合模型几大类。CSMA/CA是IEEE 802.11采用的MAC层协议,成本低、易于实现。因此,目前的VANET的MAC协议大多都是在CSMA/CA协议的基础上进行一些修订和扩展,如将带宽修改为10~20 MHz,引入任意帧间隔(AIFS)等参数。现有的IEEE 802.11p就是802.11a协议的扩展。CSMA/CA是一种基于载波侦听竞争机制的共享介质方式。因此,以其为基础的改进MAC协议在密度大的车辆环境中很容易引起冲突,从而导致大的时延,甚至造成网络拥塞。而在WAVE系统中安全数据包则对延迟非常敏感。基于TDMA的MAC协议虽可以保证安全数据包的及时送达,但由于它是一种基于调度的独享介质方式,所以需要中心控制节点参与,比较适合于V2I通信,而对于V2V时的碰撞告警等安全信息也不适用,且当处于密度小的车辆环境时又会造成网络资源的浪费^[3-4]。文献[5]尝试将CSMA/CA和TDMA相结合,提出一种V2V和V2I间相互协作的MAC协议(VRCP)。VRCP协议可降低系统的丢包率,但却没有考虑物理层多普勒频域对性能的影响及上层业务的QoS要求。文献[6]提出一种可以提高吞吐量的基于无线

网状网(MESH)技术的MAC层协议,它虽可以提高信道利用率,但也只能应用于非安全应用数据包的传输。基于定向天线的MAC协议(D-MAC)可以降低干扰^[7],但由于复杂性而使得实施变得困难。总之,在VANET网络中,单纯的基于竞争或者基于调度的MAC协议,或者仅仅是简单地把两种方式进行复合使用,都不一定能获得好的效果。

2.4 路由技术

VANET中的路由技术是为了解决如何在发送端车辆和接收端车辆之间寻找一条路径从而确保通信的进行。目前针对MANET网络,研究者提出了许多单播协议,如优化链路状态路由协议(OLSR)^[8]、无线自组网按需平面距离矢量路由协议(AODV)^[9]、动态源路由协议(DSR)^[10]等等。这些协议主要分为两大基本类型:被动型和主动型。被动型的路由协议是当有数据包需要传输时才寻找并发现路径。主动型的路由协议的节点则是通过定时发送包含拓扑信息的控制信息来时刻保持一个正确的路由表。

针对VANET网络的特点,文献[11]提出了地理位置路由算法用以减少节点的路由数目。实际上,在地理位置路由协议中,协议根据被传数据包的目的节点的地理位置决定转发的路径。一个中继节点只需知道它自己的位置、目的节点的位置以及它的下一跳节点的位置。地理位置路由协议不要求保持整个显式路由,而只需知道前一跳、自己及后一跳的位置,即使是动态网络,它 also 具有良好的传输范围。由于能够通过全球定位系统(GPS)知道车辆的位置,因此地理位置路由在VANET网络中的应用具有很大潜力。地理位置路由协议还能优化从源节点到目的节点的路由选择通路。

同样,在VANET网络中,由于节点的高速移动使得网络拓扑变化频率很高。这将直接导致所选路径的不

可使用,继而引起包的高丢失率。而预知车辆的移动以及让报文排队直至出现可利用的路径能够最大程度地减小由于网络割裂带来的影响。文献[12]提出了主动流切换的方案。其主要思想是:在数据传输的过程中,路径上每一个使用到的节点都要监测它到它前一个节点以及下一个节点的连通性,并预测它到它下一个节点的连接的持续时间。如果所预测的连接时间过短,它将在附近寻找能够持续更长时间的另一条路径并把信息流交付给这条新建立的路径。如果这个办法不可行,那么它将发送一条信息给源节点,让它开始寻找新的路径。然而,使用这种办法要求每个节点都必须知道其自己所在的位置、速度以及全球时间,还应该知道其他节点的大致位置及速度。再者,对节点移动的预计在复杂的环境比如城市中会变得很困难。文献[13]提出了运动预测技术,其能够和优化链路状态路由协议一起改善网络的连通性。

VANET网络中的V2V网络还存在另一个可预见到的关于连通性的问题。公路上可能只有很少的车辆,这将导致网络稀疏以及网络割裂。为了解决这个问题,研究者们提出利用车辆的移动性来抵消网络的稀疏性^[14-15]。针对稀疏MANET网络,人们提出了几种消息运送技术。在文献[16]中,塔里克等人提出了一个有趣的计划,计划中有一个被称为渡轮的特殊节点,通过替其他节点运送信息,它能够使得MANET网络中的连接更加便利。曾经做过的多次仿真表明,这项计划是合理的并能够使网络获得良好的性能。对稀疏VANET这个把网络分区作为一个特殊问题的网络来说,这样的系统将会很令人感兴趣。

2.5 安全技术

如何保证VANET网络的安全是非常重要的一个问题。如果攻击者通过VANET网络发布并不存在的交通堵塞或虚假的事故报告。错误的交通

堵塞通告有可能导致车流从一条道路移动到另一条道路,从而真的引起一次交通堵塞。虚假的事故通告可能会引起紧急制动的启动,从而可能导致一次真正的事故。相似地,拒绝服务攻击以及伪装攻击的情况也会导致事故的发生。

另一方面,在VAENT网络中隐私性也是一个重要的问题,这是因为除非采取适当的措施,否则攻击者能通过网络协议栈中使用的标志符来窥探人们的隐私,如果这些标志符(如MAC地址和IP地址等)从来不变的话,那么攻击者们就能通过它们连接到车辆上。通常,VANET网络中的应用还要求信息的精确度,比如说,在安全应用中的定位信息。而这些信息就能够被攻击者们用于搜集用户的个人信息,如地理位置和运动模式。

目前,VANET网络为了确保鉴权,可以使用认证机构(CAS)。所有对用户及车辆的身份认证、信任管理都是在一定区域内进行的。每个车辆及RSU都有其独特的身份、公用密钥、专用密钥和执照。在CAS之间也设立了认证机关,这将在确保全局安全通信的同时允许本地管理。DSRC/802.11p协议中提出使用非对称密码来标记安全信息。也有研究者建议使用能够用于匿名通信的假名机制来提升VANET网络的隐私性^[17]。节点使用假名的专用密钥来标记要发出的信息,并将这个假名贴到信息上。假名提供者可以是CAS,也可以是其他能够将假名发布到节点的实体。更换假名的同时也必须对基础标志符进行更换,如MAC地址及网络地址,否则车辆仍然能够被跟踪。更改假名时最好是在一个不受监控的区域或至少是一个难以持续跟踪车辆的区域。该协议要求在交叉路口处设定一个RSU。当车辆接近交叉路口时该RSU与车辆交换一个对称密钥,车辆能够使用该密钥通过与RSU的加密通信来获得新的假名。因此,监听这个交叉路口的攻击者将不知道下一个假名的信息。每通

过一个十字路口,车辆的匿名能力都会增强。同时,基于假名机制的安全结构还能够满足责任归属的需求。Raya等人在文献[18]中提出了把异常行为车辆(攻击者)从VANET网络中移除的技术。

为了防止可能会作出错误通告的虚假信息攻击,置信元件(TC)和防篡改设备(TPD)是必需的。利用预防篡改的硬件以及固件来存储敏感的加密材料以及执行加密操作。

3 结束语

综上所述,VANET网络的研究才刚刚开始,其应用前景广阔。车辆通信标准IEEE 802.11p即将发布。美国ABI市场咨询公司日前预测,车载通信每年的市场规模高达10亿美元。发展VANET技术,有利于提升中国在车载通信领域的地位,为中国经济发展作出贡献。

4 参考文献

- [1] HARTENSTEIN B, BOCKOW B, EBNER A, et al. Position-aware ad hoc wireless networks for inter-vehicle communications: The FleetNet project[C]// Proceedings of 2nd ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing(MOBIHOC' 01), Oct 4-5, 2001, Long Beach, CA, USA. New York, NY, USA: ACM, 2001:259-62.
- [2] EBNER A, ROHLING H, WISCHHOF L, et al. Performance of UTRA TDD ad hoc and IEEE 802.11b in vehicular environments[C]// Proceedings of the 57th Vehicular Technology Conference (VTC-Spring' 03): Vol 2, Apr 22-25, 2003, Jeju, Korea. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2003: 960-964.
- [3] BILSTRUP K, UHLEMANN E, STROM E G, et al. Evaluation of the IEEE 802.11p MAC method for vehicle-to-vehicle communication [C]// Proceedings of the 68th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall' 08), Sep 21-24, 2008, Calgary, Canada. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2008: 1-5.
- [4] RABADI N M, MAHMUD S M. On finding the optimal settings of the IEEE 802.11 DCF for the vehicle intersection collision avoidance application[C]// Proceedings of the 1st International Conference on Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE' 08), Dec 8-9, 2008, Detroit, MI, USA. 2008.
- [5] FUJIMURA K, HASEGAWA T. A collaborative MAC protocol for inter-vehicle and road to vehicle communications[C]// Proceedings of the 4th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems

► 下转第36页