

IEEE 802.11p无线车载自组网络协议的性能分析与模拟

曹颖荣, 林小玲

(上海大学 机电工程与自动化学院, 上海 200072)

摘要: IEEE 802.11p WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) 通信协议主要用于高速率的车辆之间 (V2V: Vehicular to Vehicular) 以及车辆与路边基础设施之间 (V2I: Vehicular to Infrastructure) 的资料数据交换。文章主要对 NS-2 下 IEEE 802.11p 的网络性能的模拟情况进行了研究。首先介绍了 WAVE 系统以及 IEEE 802.11p 协议标准, 在此基础上采用 NS-2 仿真软件对 IEEE 802.11p 协议进行模拟, 同时还对 IEEE 802.11a 协议进行仿真, 并对两者仿真结果进行分析总结。验证了 IEEE 802.11p 协议是专为车载无线网络设计的 | 种协议的合理性。

关键词: 车辆自组网; IEEE 802.11p 网络仿真

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1006-2394(2011)02-0019-04

Performance Analysis and Simulation of IEEE 802.11p Wireless Protocol in Vehicle Ad-hoc Networks

CAO Ying-rong LIN Xiao-ling

(School of Mechatronics Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract IEEE 802.11p WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) protocol is mainly used for high-speed information and data exchange between vehicles (V2V: Vehicular to Vehicular), and between vehicles and road-side infrastructure (V2I: Vehicular to Infrastructure). The performance of IEEE 802.11p using NS-2 simulator has been studied in this paper. First of all, the WAVE system and the IEEE 802.11p protocol standards are investigated. On this basis, the paper uses NS-2 simulation software to simulate the IEEE 802.11p and IEEE 802.11a. The simulation results are analyzed and summarized. It is verified that the IEEE 802.11p protocol is designed reasonably for the vehicular wireless network.

Key words vehicle ad-hoc network (VANET); IEEE 802.11p network emulation

0 引言

车载自组网 (VANET) 是道路上车辆之间 (V2V)、车辆与路边接入点之间 (V2I) 可以相互通信的 Ad-hoc 网络。道路上的车辆可以交换各自的车速、位置和车载传感器等各种数据, 并自动连接成一个无中心控制的无线分布式网络。车载自组网技术可以使交通运输更加安全、高效和舒适, 是智能交通系统中的一个重要应用。

节点的高流动性、连接时间短以及通信的多跳性使得在目前的 IEEE 802.11 标准中没有一个针对车辆环境的可行性解决方案, 为此 IEEE 专门为汽车通信领域制定了 IEEE 802.11p 标准及其协议栈 WAVE。

这一款用于 ITS 中基于无线的通信应用的协议目前正处于草案阶段, 缺乏足够的实践经验。本文在对 WAVE 系统以及 IEEE 802.11p 协议标准进行分析研究的基础上, 利用目前学术界广泛使用的网络模拟软件 NS-2 网络模拟器, 模拟在移动环境各个节点间的通信性能, 为智能交通通信系统软件和硬件的实现提供一定价值的参考。

1 WAVE 协议栈性能分析

1.1 概述

WAVE 系统 (又称 WAVE 协议栈) 是一个全新的架构, 其物理层和 MAC 子层基于 802.11, 充分借鉴了 802.11a、802.11e、802.11q 的特点。WAVE 作为 “WAVE

收稿日期: 2010-09

作者简介: 曹颖荣 (1985-), 女, 在读硕士研究生, 主要从事智能交通方面的研究。

Mode”定义在 802.11 框架之中,从而和以前的 802.11 标准能够兼容。WAVE 形成的网络分成两类: WBSS (WAVE Basic Service Set), W IBSS(WAVE Independent Basic Service Set)。WBSS 与 802.11 中的 BSS(Basic Service Set)类似, RSU (Road-Side Unit) 设备为主控设备, OBU (On-Board Unit) 设备为从设备; 而 W IBSS 与 802.11 中的 IBSS(Independent Basic Service Set)对应, 其特点是移动的 Ad-hoc 网络。WAVE 协议栈以经典的 OSI 七层模型为参考, 同时分为了管理平面 (Management Plane) 和数据平面 (Data Plane)。管理平面负责协议栈的参数以及行为控制, 主要由 WME (WAVE Management Entity) 构成; 数据平面负责传输有效数据信息, 包括 W SMP (WAVE Short Message Protocol)、WAVE MAC 以及 WAVE PHY。

WAVE 系统包括 IEEE P1609.1、IEEE P1609.2、IEEE P1609.3、IEEE P1609.4 和 IEEE 802.11p。802.11p 主要制定了物理层和介质访问控制层 (MAC) 规范。IEEE P1609 的工作组基于 IEEE 802.11p 标准制定了 1609 协议族, 此协议族是以 802.11p 通信协定为基础的高层标准, 主要制定了链路层、网络层、传输层、安全、资源管理规范。图 1 表示了 WAVE 系统的协议栈。

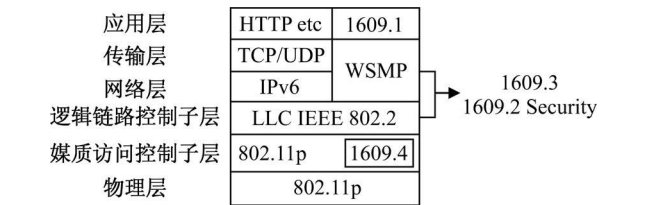


图 1 WAVE 协议栈

1.2 IEEE 802.11p 协议的特点

802.11p 如众多 802.11 衍生协议一样, 采用了 802.11 协议框架。在物理层, IEEE 802.11p 采用了 IEEE 802.11a 的 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技术, 从而可以比较好地抗干扰, 提高信道的利用效率, 对于快速行驶的车辆环境下尤为重要。考虑到 5.9GHz DSRC 使用上的不同用途, 为了避免信道之间的干扰, 802.11p 物理层在 5.85~5.925GHz 的频段分割为 7 个 10MHz 的信道, 包括一个控制信道 CCH (Control Channel) 以及 6 个服务信道 SCH (Service Channel), 并保留剩余的 5MHz 称为 guard channel。表 1 为 WAVE 的信道分配情况。CCH 作为控制信道负责进行通信信道的配置以及信号错误的校正, 并负责协议控制报文以及实时性要求较高的报文传输, 如 W SM (WAVE Short Message)、系统控制信息 W SA (WAVE Service Advertisement)。SCH 用来收送一般

的应用层资料封包 (IP data)。

表 1 WAVE 的信道分配情况

信道	信道频率 /MHz	作用
172	5860	安全信道
174	5870	服务信道
175	5875	服务信道
176	5880	服务信道
178	5890	控制信道
180	5900	服务信道
181	5905	服务信道
182	5910	服务信道
184	5920	安全信道

在 MAC 层, 由于 OBU 设备具有移动性特征, 802.11p 的 MAC 去掉了 Active Scanning, Association, Authentication 等需花费较长时间的协议流程, 并使所有的 802.11p 信号在同一个信道中进行传输, 且具有相同的 BSSID, 使得协议能够较好满足移动车辆环境下的通信需求, 并保证 WAVE 应用在尽可能短的时间内高效完成。

在 QoS (Quality of Service) 方面, WAVE MAC 层采用了和 IEEE 802.11e 一样的方法, 即每个信道 (SCH 和 CCH) 采用 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 模式的默认参数配置。相对于 802.11a 20MHz 信道, 802.11p 10MHz 信道的传输速率将分别是 3、4、5、6、9、12、18、24 以及 27 Mbit/s。改变调制和编码率可以获得不同的传输速率。

WAVE 设备需要支持多个信道, 802.11p 定义了 CCH 和 SCH, 1609.4 规定设备需要支持一个 CCH 和多个 SCH。CCH 用来传输 W SM 和广播 WAVE 服务 (W SA); SCH 用于传输 IP 分组。在信道协调机制之中, SCH 和 CCH 作为两个独立 MAC 实体存在于 802.11p 定义的 MAC 之上。

WAVE 的网络服务使得上层应用能够根据报文的特点选择相应服务发送。网络服务为上层应用提供了两种数据传输服务: 基于 IPV 6 的 TCP/UDP 协议和 W SMP 协议。在 ITS 中, 考虑到高速移动等特性, 基于 IP 的大部分应用都应基于 UDP, 如果需要较好的传输质量, 可在 UDP 上再封装一层高层协议。WAVE 定义了一种新的链路层协议: W SMP, 它为实时数据、不可靠数据的广播报文的传输提供了方便, 它直接为上层应用提供访问 MAC 以及 PHY 的接口, 通过直接设置 MAC 以及 PHY 参数使得报文能够尽快传输出去。在底层, WAVE 仍然采用传统的 802.2 LLC 协议向上层提供一致的访问通信媒介的接口, 这与目前绝大多数

基于 802.11 的实现是一致的。

2 IEEE 802.11p 协议性能模拟及分析

网络通信的研究一般分为理论研究、网络仿真及试验网方法三种方式。其中网络仿真也称为虚拟网络实验床,具有成本低、灵活可靠、可重构、避重就轻、提供研究大规模网络的机会、易于比较等优点。目前典型的网络模拟器有 NS-2、OPNET、OMNet++ 等,本文应用 NS-2 工具设计了仿真实验场景来对 IEEE 802.11p 协议进行模拟。

2.1 NS-2 模拟器简介

NS-2 即 Network Simulator Version 2 是一个面向对象的、离散事件驱动的网络环境模拟器,它集成了多种网络协议、业务类型、路由排队管理机制和路由算法。在网络架构方面,可以模拟路由器、连结、节点等;在网络性能方面,NS-2 可以透过模拟结束后的 trace 文档,分析出封包延迟时间、封包遗失率、吞吐量等。图 2 为 NS-2 中 IEEE 802.11 的模型。

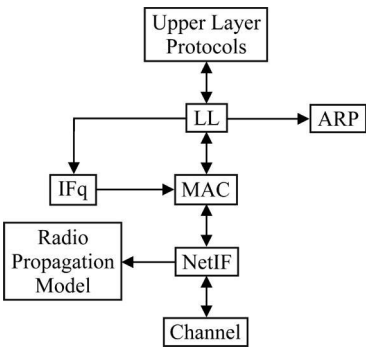


图 2 NS-2 中 IEEE 802.11 模型

2.2 性能模拟

2.2.1 模拟环境设置

对于无线自组网络协议性能指标的评估主要有封包送达率、吞吐量、端到端点的延时等。封包送达率将影响网络传输的质量;吞吐量为网络中每秒传输的有效载荷的比特数,吞吐量越大,说明网络传输的性能越好;端到端点的延时也是衡量网络性能的一个重要指标,延时时间越短,说明网络的实时传输性能越好。本文把这三者作为衡量网络性能优劣的指标。

仿真场景的构建对于车载自组网的性能具有很大的影响,不同的节点移动模型及传输模型对 VANET 的性能有显著的差异。本文在 NS-2 网络仿真平台上选取了两种有代表性的拓扑结构,即定点移动模型和 TwoRayGround 传播模型,随机移动模型和存在障碍物时的 Shadowing 传播模型,建立了 VANET 的网络模型进行模拟。本文还用 IEEE 802.11a 协议在同样环境中进行仿真,并对两者的结果作了对比分析。

2.2.2 两种场景中协议性能的仿真

仿真实验一,即由定点移动模型和 TwoRayGround 传播模型组成的拓扑结构由 6 个无线节点组成,仿真时间 100s,设置使用 CBR 流,网络的路由协议使用 AODV,网络拓扑结构为 40m × 1000m,初始状态如图 3 所示。其中节点 0 和节点 1 分别代表发送封包的车辆 0 以及接收封包的车辆 1,它们之间的距离为 1000m,车辆 0 在发送封包的同时以 35m/s (即 126km/h) 的车速高速驶向车辆 1,在仿真期间,车辆 1 始终静止不动,如图 4 所示。节点 2 到节点 5 为路边的路由设施。



图 3 节点的创建



图 4 节点发送封包

具体仿真参数设置如表 2 所示。两种协议物理层及 MAC 层在 NS-2 中的部分参数设置如表 3 所示。图 5、图 6 及表 4 分别是使用两组不同协议后的仿真结果。

表 2 具体仿真参数设置

参数	值	参数	值
场景大小	40m × 1000m	节点移动模型	定点移动模型
信道类型	WirelessChannel	无线传播模型	TwoRayGround
网络接口类型	WirelessPhyExt	节点数目	6
MAC 层协议类型	802.11Ext	车辆速度/(m·s ⁻¹)	35
接口队列类型	PriQueue	路由协议	AODV
链路层类型	LL	天线类型	OmnAntenna

表 3 MAC 层和物理层使用的部分预设参数

参数	802.11p	802.11a
SLOT	13 μs	50 μs
SIFS	32 μs	16 μs
Freq	5.9 GHz	5.18 GHz

表 4 仿真结果

	IEEE 802.11p	IEEE 802.11a
发送封包数	12208	12208
收到封包数	12200	8630
封包送达率	99.9345%	70.6913%
平均吞吐量 /bps	> 2500	< 1500

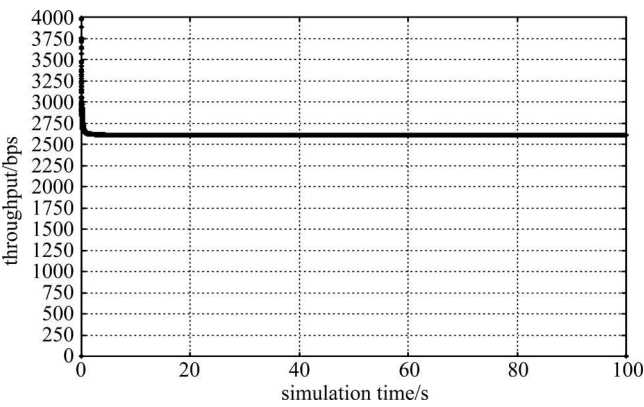


图 5 802 11p 吞吐量-时间曲线 (35m /s)

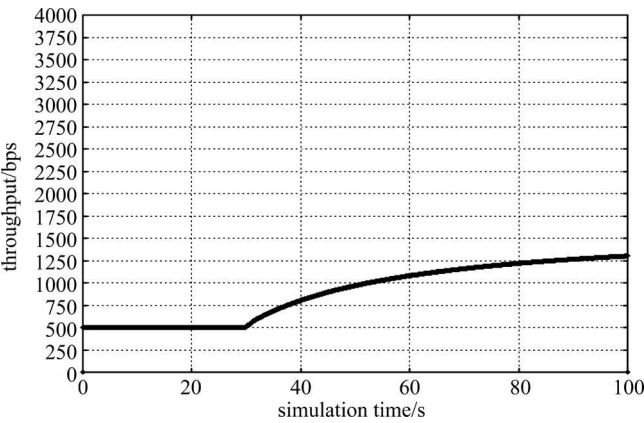


图 6 802 11a 吞吐量-时间曲线 (35m /s)

仿真实验二,即由随机移动模型和 Shadow ing 传播模型组成的拓扑结构。随机节点移动模型是利用 NS- 2提供的 setdest工具,它能随机产生无线网络仿真所需的节点移动场景。仿真实验由 100个无线节点组成,仿真时间 100s,暂停时间设为 0s,也就是说在仿真这段时间内节点随时都在移动。另外设置使用 CBR 流,网络的路由协议使用 AODV。最大联机数目为 10条,每一条数据流每秒送出 10个封包。具体仿真参数设置如表 5 所示。两种协议物理层及 MAC 层在 NS- 2中的具体参数设置和实验一相同。表 6 是使用两组不同协议后的仿真结果。

表 5 具体仿真参数设置

参数	值	参数	值
场景大小	500m × 500m	节点移动模型	随机移动模型
信道类型	WirelessChannel	无线传播模型	Shadow ing
网络接口类型	WirelessPhyExt	节点数目	100
MAC层协议类型	802_11Ext	车辆最大速度 /(m · s ⁻¹)	10
接口队列类型	PriQueue	路由协议	AODV
链路层类型	LL	天线类型	OmnAntenna

表 6 仿真结果

	IEEE 802 11p	IEEE 802 11a
发送封包数	5562	5551
收到封包数	5550	1591
封包送达率	99.7843%	28.6613%
端到端点的平均延迟时间 /s	0.005588	0.437038

2.2.3 仿真结果分析

本文主要在两种不同的场景中对 IEEE 802 11p 无线车载自组网络进行模拟仿真,还同时对 IEEE 802 11a协议进行仿真,并对两者的结果进行了对比。

从上述图表中可以得出几点结论。第一, IEEE 802 11p协议在无线车载网络中是可行的,网络通信质量也比较好。虽然实际的动态网络仍需进一步地研究和仿真,但其基本方法与思路是相似的。第二,由于 IEEE 802 11p协议针对 IEEE 802 11a协议进行了多项汽车环境的改进(如热点切换更先进,更支持移动环境等),故在图表中可以看出,在高速移动的情况下, IEEE 802 11p协议的吞吐量要较 IEEE 802 11a协议的大得多。第三, IEEE 802 11a协议的封包送达率也比较低,这将导致安全信息报文无法被车辆接收,从而产生严重的安全隐患。

3 总结与展望

作为 ITS 的核心通信协议,本文详细论述了 WAVE 系统以及 IEEE 802 11p协议标准框架及性能,并运用 NS- 2仿真软件对 IEEE 802 11p进行仿真模拟实验,对其网络性能进行分析,同时与 IEEE 802 11a协议性能进行比较,验证了 IEEE 802 11p协议运用于无线车载自组网络的可行性。

然而,网络仿真所得的结果并不一定与真实网络环境下的结果一致,在投入实际应用之前,基于 IEEE 802 11p协议的应用还需要大规模地部署 RSU、OBU,和 GPS等技术结合,真正地应用还需要大量而长期地测试、原型验证、系统论证。另外由于目前 WAVE 协议栈还处于草案阶段,很多方面都还需要逐步被完善,这些都将是日后的工作重点。

参考文献:

[1] 柯志亨,程荣祥,邓德隽. NS2 仿真实验——多媒体和无线网络通信[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
[2] 加斯特. 802.11 无线网络权威指南[M]. 2版. 南京:东南大学出版社,2007.

(许雪军编发)