基于 IEEE 802.11p 的网卡驱动实现

马芸芸, 张惠民

(北京邮电大学信息与通信工程学院,北京 100876)

摘要: 为实现在实际道路中测试和研究分析车辆之间通信性能,搭建满足 IEEE 802.11p 标准的平台,本文主要介绍在 PC 上 IEEE802.11p 网卡的驱动工作。采用 DCMA86 P2,Atheros5414B 芯片的无线网卡,完成适用于高速移动环境下的 IEEE 802.11p 标准的网卡驱动。开发测试平台可以作为 OBU 和 RSU 用于车辆自组织网络的性能测试,采用 DCMA86 P2 无线网卡作为无线模块搭建的 OBU 和 RSU 平台比实际产品和基于 FPGA 实现的无线通信模块更方便实用。由于 IEEE 802.11p 标准是在 IEEE 802.11a 标准上的修订,在物理层都采用 OFDM 调制技术,本文介绍利用无线网卡兼容包 compat-wireless 中的 ath5k 驱动,在 IEEE 802.11a 驱动的基础上完成 IEEE 802.11p 网卡驱动实现,并且搭建 adhoc 网络,测试搭建的通信平台的吞吐量性能。

关键词: IEEE 802.11p; ath5k; VANET

15 中图分类号: TP393

5

10

20

25

30

40

The Implementation of Network Card Driver based on IEEE802.11p Standard

MA Yunyun, ZHANG Huimin

(School of Information and Communication Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876)

Abstract: In order to test and analyze performances between vehicles in the real roads, and set up platform compliant with IEEE 802.11p standard. This paper presents the implementation of network card driver based on IEEE 802.11p standard in PC. The platform adopts 802.11p network card DCMA86P2, Atheros5414B chipset to implement wireless network driver in high speed mobile environment. The test platform can be used for adhoc performance testing as OBU (On board Unit) and RSU (Road Side Unit). The platform used by network card DCMA86P2 module is more convenient and cheap than products on the market or based on FPGA. Because of IEEE 802.11p standard is revised on the IEEE 802.11a standard, they adopt OFDM modulation in the physical layer. This paper presents the method of implementation IEEE 802.11p driver based on 802.11a driver, compat-wireless source code ath5k, and set up adhoc platform for throughput testing.

Keywords: IEEE 802.11p; ath5k; VANET

35 0 引言

随着经济的发展和科技水平的提高,交通业的发展十分迅速,城市的车流量日益增大,交通堵塞情况日益严重,交通管理和车辆间的信息交换,以及车辆的安全驾驶得到广泛的关注。车联网系统是利用先进传感技术、网络技术、计算技术、控制技术、智能技术,对道路和交通进行全面感知,实现多个系统间大范围、大容量数据的交互,以提供交通效率和交通安全为主的网络与应用^[1]。车载自组织网络(Vehicular Ad-Hoc Network, VANET)的基本架构主要分为车辆与车辆(V2V)通信和车辆与路边基础设施(V2I)通信,通信系统有车辆单元(On Board Unit,OBU)、路侧单元(Road Side Unit,RSU)和 IEEE 802.11p 协议组成。IEEE 802.11p/WAVE(Wireless Access in the Vehicular Environment)是由 IEEE 802.11 无线标准扩充的通信协议,用于高速移动环境下的车辆通信系统^[2]。IEEE 1609 标准是基于 IEEE 802.11p

作者简介: 马芸芸,(1989-),女,硕士研究生,车载自组织网络。

通信联系人: 张惠民, 男, 教授, 通信网、信息论。 E-mail: hmZhang@bupt.edu.cn

中国科技论文在线

45 通信协议的上层应用标准[3]。

50

55

60

65

70

目前有很多基于 VANET 的理论分析,因而基于 IEEE 802.11p 协议的通信系统平台的搭建对于理论分析的实际研究十分重要。通过调研,市场上有基于 FPGA 实现的 OBU 和 RSU产品,但产品价格较高不利于开发和研究。一些研究在 Cyclone III FPGA 上实现平台的搭建^[4],其中有利用市场上的支持 IEEE 802.11a 的无线网卡近似实现 IEEE 802.11p 协议^[5],但采用这种方法很多网卡的驱动不支持修改信道带宽,只能模拟较差环境下的 802.11p 标准。本文采用 Atheros 5414A-B2B 芯片、DCMA 86P2 网卡,以 ath5k 驱动为基础修改驱动,实现基于 IEEE 802.11p 标准的平台,搭建 Ad-Hoc 网络。

1 车联网通信系统结构

车载自组织网络(VANET)包括车辆单元(OBU)、路侧单元(RSU)和无线接入标准组成,网络架构分为:车辆间的通信(V2V)和车辆与基础设施之间的通信(V2I),如图 1 所示。结合传感技术、全球定位系统(GPS)、无线网络,主要用于智能交通系统,以提供车辆的安全服务、交通管理和车载娱乐等功能。车载自组织网络主要应用于车辆与车辆或车辆与路侧单元的信息交互,包括车辆行驶过程中的地理位置、车辆速度、道路状况、车辆预警、交通安全信息的交互。车载单元通过 GPS 获取定位信息,将车辆行驶过程中的拥塞路况或障碍物、事故信息,通过 WAVE 发送给附近车辆,使周围车辆有安全预警。

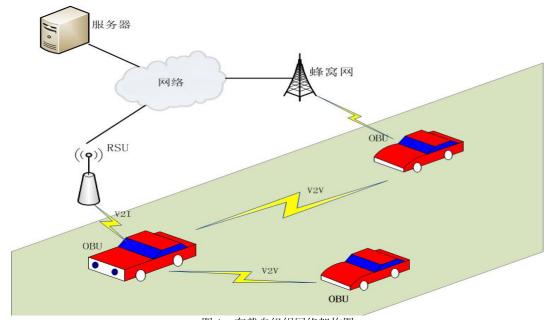


图 1 车载自组织网络架构图 Fig. 1 The Architecture of VANET

车辆自组织网络兼具移动自组织网络的自治性和无固定结构、多跳路由、网络拓扑的动态变化的特点,是一种无线分布式结构,强调多跳、自组织、无中心的网络结构。

WAVE 由 IEEE 802.11p 标准和 IEEE 1609.X 协议族构成。IEEE 802.11p 标准是 IEEE 802.11 协议在车辆网络的无线接入的推广与扩充,主要适用于高速移动的环境和短持续时间的信息交互需要。IEEE 802.11p 标准规定媒体访问控制层(MAC)和物理层(PHY)标准。IEEE 1609.X 协议族主要为车辆环境下的无线接入制定,规定相应的高层协议。IEEE 1609.1 规定 WAVE 中的资源管理。IEEE 1609.2 制定应用和管理信息的安全服务。IEEE 1609.3 制定 WAVE 中的网络服务,对应于 OSI 模型中的网络层和传输层,提供寻址和路由服务。IEEE

1609.4 制定在控制信道(CCH)和服务信道(SCH)的信道切换,参考模型如图 2 所示。

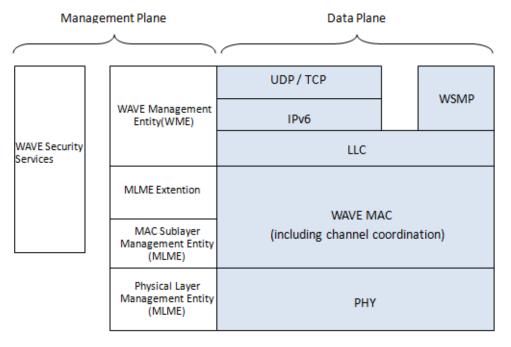


图 2 WAVE 标准参考模型 Fig. 2 TWAVE standard reference model

2 802.11p 与 802.11a 标准的区别

IEEE 802.11p 标准是在 IEEE 802.11-2007 标准下的修订,以满足在高速移动的环境下短时间信息交互,包括基于 IEEE 802.11a 标准的物理层和 802.11e 的服务质量的修订。

IEEE 802.11p 标准中的物理层采用 IEEE 802.11a 标准中的 OFDM(正交频分复用)调制技术^[6]。OFDM 的参数与 IEEE 802.11a 不同,如表 1 所示,频率范围 5.85 - 5.925GHz,信道带宽为 10MHz,对应的速率在 IEEE 802.11a 的基础上减半^[7]。通过减少信道带宽减少多普勒传播的影响,增大的保护间隔减少由多径传播而引起的符号间干扰。在 IEEE 802.11p 中,规定允许更大的发射功率提高在车辆环境下的传输距离,最大允许 EIRP 为 44.8dBm(30W),信道抑制(邻道抑制值和非邻道抑制值)和频谱掩模与 IEEE 802.11a 标准不同。

表 1 IEEE 802.11a 与 IEEE 802.11p OFDM 参数 Tab. 1 OFDM parameter of the IEEE 802.11a and IEEE 802.11p

Parameter	IEEE802.11a	IEEE802.11p
Channel width	20MHz	10MHz
Symbol duration	4 us	8 us
Guard time	0.8us	1.6us
FFT period	3.2us	6.4us
PLCP Preamble duration	16us	32us
Subcarrier frequency spacing	0.3125MHz	0.15625 MHz
Training symbol GI duration	1.6us	3.2us
Slot time	4us	13us

IEEE 802.11p 的 MAC 在管理实体,接入优先级与介质访问控制方式等方面做了相应的改动。 802.11p 在 MAC 层管理实体中定义一个新的管理信息库(MIB),"dot11OCBENABLED",为真时,额外的选项/约束被添加到802.11p 的设备中,包括无认证服务,认证服务和保密数据。当"dot11OCBENABLED"为真,

75

80

85

中国科技论文在线

95 允许不在 BSS 中的工作站传输数据帧。dot11OCBENABLED 对物理层和 MAC 层没有影响。

3 802.11p 的驱动分析和实现

车载单元 OBU 和路边单元 RSU 采用 DCMA 86P2 无线网卡, Atheros 5414A-B2B 芯片, 支持 IEEE 802.11p/DSRC。OBU 实现车辆间 V2V 通信,工作在 ad-hoc 模式。RSU 作为固定路边设施,充当接入点 AP 的功能。在 Linux 操作系统下,compat-wireless 网卡驱动兼容包中的 ath5k 驱动支持 IEEE 802.11a 模式。 IEEE 802.11p 和 IEEE 802.11a 标准的区别不大,物理层主要通过修改 OFDM 参数实现,下面基于 ath5k 驱动完成满足 IEEE 802.11p 标准的驱动。

3.1 ath5k 驱动

100

105

110

115

网卡驱动的 OFDM 参数设置对硬件的初始化中完成。主要分析网卡接口设置与初始化,包括信道带宽,slot time,符号间隔等 OFDM 参数的设置。

ath5k 中重要结构体 ath5k_hw, ath5k_hw 是与网卡设备相关联的驱动状态结构体,包括pci 设备结构体,网卡设备,中断号,信道信息,自旋锁,802.11 物理层的硬件信息,发送队列参数等状态,在网卡接口的打开和关闭,中断处理和数据包的接收传输中起重要的作用。

DCMA 86P2 为 miniPCI 接口网卡,实现完成 PCI 接口的检测和模块的初始化。模块的 初始化函数负责注册模块,调用 module_init 实现,在卸载模块时调用 module_exit 函数,注 销接口并向系统中返回所有资源。初始化 PCI 设备时,首先调用 pci_register_driver 注册到 内核,PCI 的驱动程序必须创建的结构体 struct pci_driver,通过 vendor_id 和 device_id 来判 断硬件设备是否已经插入总线,probe 探测函数检测传递过来的信息。当 PCI 驱动程序将要 被卸载的时候,调用 pci_unregister_driver 完成 struct pci_driver 从内核注销^[8]。pci_driver 结 构体如下所示:

```
static struct pci driver ath5k pci driver = {
                             = KBUILD MODNAME,
               .name
               .id table = ath5k pci id table,
                             = ath5k_pci_probe,
               .probe
120
               .remove
                             = __devexit_p(ath5k_pci_remove),
           #if (LINUX VERSION CODE >= KERNEL VERSION(2,6,29))
               .driver.pm
                             = ATH5K_PM_OPS,
           #elif defined(CONFIG_PM_SLEEP)
               .suspend
                                = ath5k_pci_suspend_compat,
125
               .resume
                                = ath5k_pci_resume_compat,
           #endif
           };
```

130

135

145

150

155

包括工作模式、信道、频段等硬件信息,初始化相关的结构体。设置网卡 IEEE 802.11p 模式相关的参数,主要在结构体的初始化过程中设置。IEEE802.11p 的调制方式与 IEEE 802.11a 方式相同,需要更改 OFDM 的参数。

修改信道带宽为 10MHz, ah->ah_bwmode = AR5K_BWMODE_10MHZ; ah 为 ath5k_hw 结构体,支持的带宽模式 5M、10M、20M 和 40M。在 ath5k 驱动程序中,信道带宽改为 IEEE 802.11a 20M 带宽的一半,相关参数 sifs 值、PLCP 前导码时间增大一倍,slot_time 对应修改,clock 减为一半,符合 IEEE 802.11p 的物理层参数要求。

设置网卡支持的频率范围。通过修改 ath5k_setup_channels 函数中允许的信道数,添加 170 以上的信道可用。调用 ath5k_setup_channels 和 ath5k_setup_bands 设置相应的信道,中心频率和带宽。修改频率范围的标志信息,使所有设置的信道可用。DCMA 86P2 网卡硬件 支持的 5G 频段最大频率为 6.1GHz: caps->cap_range_range_5ghz_max = 6100。

140 3.2 wireless-tools, iw, regdb, crda, hostapd 工具实现 802.11p

无线网卡工作信道切换、配置信息、网络接口的打开与关闭和工作模式的设置通过 iw, wireless-tools 实现。wireless-tools 包括 iwconfig、iwlist、iwspy、iwpriv 工具,用于网络设备接口的打开,网络信息的扫描,网卡信道设置和工作模式(master、adhoc、manage)的设置。iw 工具与 iwconfig 功能相似,支持无线网卡设备的配置。提供其它的网络参数设置,包括选择网卡工作区域,iw reg set 完成区域的选择,在该区域下可用频率和最大发射功率环境下工作。

CRDA(Central Regulatory Domain Agent)作为用户空间的代理,可用来触发更新内核无线模块限定的在特定的国家管辖区域允许的频率和功率范围。通过 crda 提供 API 给使用者设定管辖限定。设定频率和功率的管辖限定主要由三部分组成:内核模块,crda 和区域的数据库信息。在 Linux 内核中由驱动模块 cfg80211 完成,区域的数据库信息由 regdb 生成 regulatory.bin 文件。通过 iw 工具设置无线网卡的工作区域。

Hostapd 是接入点和认证服务器的运行于用户空间守护进程,补充 IEEE 802.11 接入点管理和认证服务功能。Hostapd 能使无线网卡从 manage 模式切换为 master 模式,模拟 AP(soft AP)功能。mac80211 驱动用 hostapd 的 nl80211 支持实现 AP 功能。通过 hostapd.conf配置文件设置接口名称、信道、网卡模式和 ssid 信息,设置驱动中网卡的配置。Hostapd 源码中支持 IEEE 802.11a 标准的工作频段为 5.15-5.35GHz/5.725-5.825GHz,将其它的工作频段的标志位设置为 disable。修改 5.86-5.925GHz 的频段的标志位,使 IEEE 802.11p 频段可用。通过配置文件,无线网卡工作为 soft AP 模式,在 RSU 中采用 soft AP 模式。

4 网卡性能

160 测试搭建 IEEE 802.11p 标准的平台工作性能,车载单元 OBU 和 OBU 之间点对点性能 测试。两个 DCMA 86P2 无线网卡平台作为 OBU,加载网卡驱动,配置为 adhoc 模式和工作信道,组成自组织网络。设置 ip 地址分别为 192.168.1.2 和 192.168.1.3。用 iperf 测试发送 TCP 包的吞吐量,在服务器端的测试结果如下图所示:

图 3 Iperf 测试 TCP 速率

Fig. 3 TCP transmission rate tested by Iperf

用 iperf 测试发送 UDP 包的吞吐量,在服务器端的测试结果如下图所示:

```
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 160 KByte (default)
   3] local 192.168.1.3 port 5001 connected with 192.168.1.2 port 33519
                                     Bandwidth
  ID] Interval
                      Transfer
                                                        Jitter
                                                                  Lost/Total Datagrams
   3]
       0.0-10.0 sec 1.25 MBytes
                                     1.05 Mbits/sec
                                                        0.428 ms
                                                                      0/ 893 (0%)
      local 192.168.1.3 port 5001 connected with 192.168.1.2 port 37206
      0.0-10.0 sec 1.20 MBytes 1.01 Mbits/sec 0.558 ms 36/ 893 local 192.168.1.3 port 5001 connected with 192.168.1.2 port 39562
                                                                         893 (4%)
       0.0-10.0 sec 1.25 MBytes 1.05 Mbits/sec
                                                        0.428 ms
                                                                     0/
                                                                          893 (0%)
```

图 4 Iperf 测试 UDP 速率

Fig. 4 UDP transmission rate tested by Iperf

5 结论

165

170

175

本文实现以 Atheros5414 B2B 芯片的无线网卡 DCMA 86P2 的平台搭建, 网卡满足 IEEE 802.11p 标准的要求。IEEE 802.11p 标准在 IEEE802.11a 基础上修订, 通过 ath5k 驱动, 修改 物理层 OFDM 的调制参数和工作信道频率,完成基于 IEEE 802.11p 标准的网卡驱动。搭建 adhoc 网络并测试点对点的吞吐量性能。

[参考文献] (References)

- 180 [1] 罗涛,王昊. 车辆无线通信网络及其应用[J]. 中兴通讯技术, 2011, 17(3): 1-7.
 - [2] IEEE, 802.11p. IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments[S]. 2010
- [3] IEEE,1609.4. IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)--Multi-channel Operation[S]. 2010.
 - [4] XIANG W D, SHAN D, YUAN J Q. A full functional wireless access for vehicular environments (WAVE) prototype upon the IEEE 802.11p standard for vehicular communications and networks[J]. Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2012, Page(s): 58 59
- 190 [5] VANDENBERGHE W, MOERMAN I, DEMEESTER P. Suitability of the wireless testbed w-iLab.t for VANET research[J]. 18th IEEE Symposium on Communications and Vehicular Technology in the Benelux (SCVT), 2011,Pages(s): 1-6
 - [6] GAST M S. 802.11 无线网络权威指南(第二版)[M]. O'Reilly Taiwan 公司. 南京:东南大学出版社, 2007.
- [7] VANDENBERGHE W, MOERMAN I, DEMEESTER P. Approximation of the IEEE 802.11p standard using commercial off-the-shelf IEEE 802.11a hardware[J]. 11th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), 2011, Page(s): 21-26
 - [8] JONAHAN CORBET. Linux 设备驱动程序(第三版)[M]. 魏永民,耿岳. 北京: 中国电力出版社,2006.