

专用短程通信技术在 ETC 中应用问题分析

于江浩¹, 孙敬凯²

(1. 交通运输部公路科学研究院 公路交通安全技术交通行业重点实验室, 北京 100088;

2. 云南省交通运输厅工程质量监督局, 云南 昆明 650041)

摘要: 文章介绍了不停车收费系统结构、专用短程通信技术 (DSRC) 的通信协议和国内外的 DSRC 标准化进程, 对中国的 DSRC 标准与国际主流 DSRC 标准进行了比较, 分析了 DSRC 技术在不停车收费系统实际应用中出现的问

关键词: DSRC; ETC; 标准

中图分类号: U4

文献标识码: B

电子不停车收费系统 (Electronic Toll Collection, 简称 ETC), 具有提高车辆的通行速度, 缓解收费站交通堵塞, 减少环境污染等优点, 可以使公路收费走向无纸化、无现金化管理, 符合绿色交通的发展方向。“十五”期间, 我国交通部门已经把 ETC 系统的开发和应用作为我国 ITS 领域首先启动的项目, 列入交通科技的技术创新重点之一。

为达到电子不停车收费实时可靠的通信要求, 需要在车与路之间采用高效快速的短程通信技术。专用短程通信技术 (DSRC) 是智能运输系统领域内车辆与道路设施间通信的一种无线通信技术, 能够提供高速的数据传输, 并且能保证通信链路的低延时和系统的可靠性, 相比其他短程无线通信技术, 其技术参数更适用于 ETC 系统, 也是目前世界各国广泛应用于 ETC 系统的通信技术。我国交通部门也在相关领域做了大量工作, 并于 2007 年 5 月 1 日正式颁布实施了符合中国国情的智能运输系统电子不停车收费的专用短程通信国家标准。

1 ETC 系统结构介绍

ETC 系统由前端系统和后台数据库系统组成, 其前端系统包括车道控制系统、车载设备 (OBU)、路侧读写设备 (RSU) 及集成电路卡 (ICC)。系统构成见图 1。

1.1 车载设备 (OBU)

OBU 是放在车辆中的车载电子标签, 分为只读型电子标签、读写型电子标签、带 IC 卡接口的双片

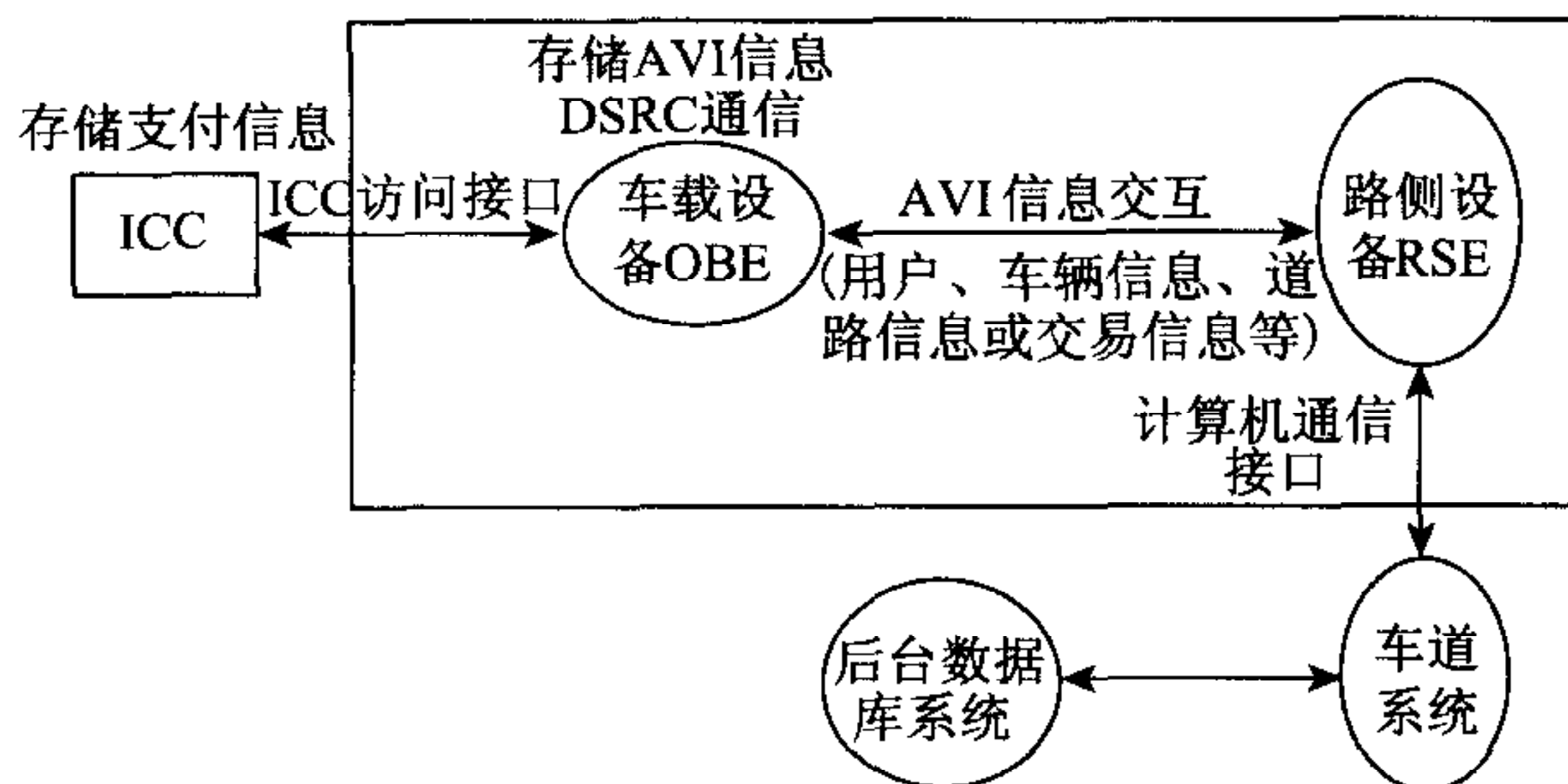


图 1 ETC 系统构成

式电子标签。我国的电子收费标准中规定 OBU 应为双片式类型, 支持 ICC 的读写。在 ETC 应用中, 涉及电子支付的功能由 ICC 实现, OBU 提供 ICC 至 RSU 信息转发功能。

1.2 路侧读写设备 (RSU)

RSU 是安装在车道旁边或车道上方的固定通信设备, 它的有效覆盖区域为 3 ~ 30m, 通过它与不同 OBU 之间实现实时高效通信, 与后台数据库进行信息交互, 实现车辆的自主识别、自动交易和交易信息记录等功能。

1.3 集成电路卡 (ICC)

ICC 是存储用户个人信息、储值信息和交易信息的集成电路卡, 在 ETC 系统中, 涉及电子支付的功能有 ICC 来实现。由于中国的大部分收费公路中, MTC 车道和 ETC 车道同时存在, 因此要求 ICC 具有双界面, 既能在 ETC 车道实现与 OBU 的接触式交易, 也能在 MTC 与非接触式读卡器实现交易。

典型的 ETC 交易过程如图 2。

基金项目: 云南省交通运输厅科技项目: 云南省公路机电设施质量检验评定技术。

作者简介: 于江浩 (1980 -), 男, 山东文登人, 硕士, 研究方向为高速公路机电系统检测及交通安全。

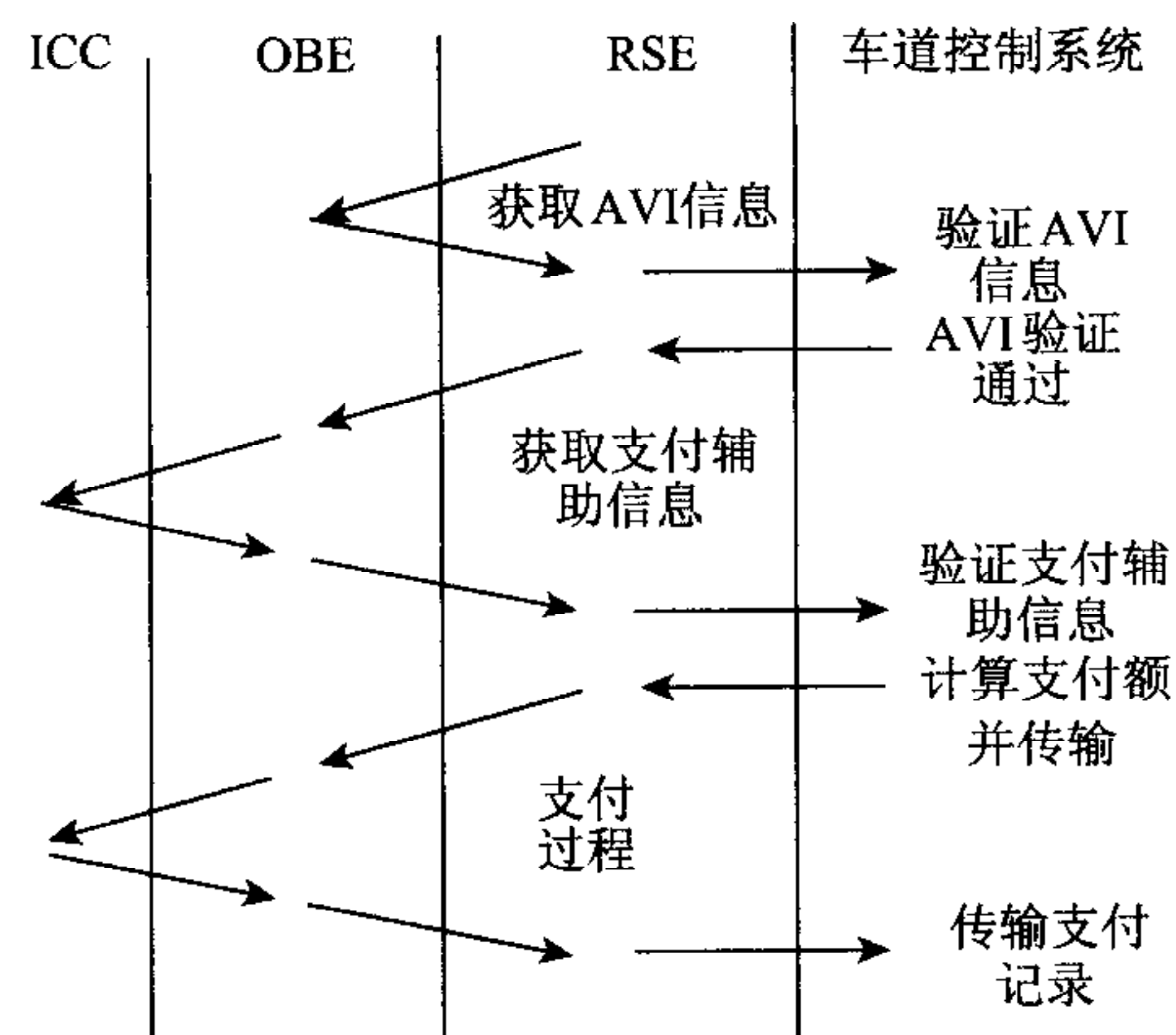


图2 典型ETC交易过程

2 DSRC技术和标准介绍

专用短程通信技术是实现 OBU 与 RSU 之间信息传输、交换的无线通信系统，提供了车辆信息与路侧设备互联互通的传输协议。

2.1 DSRC 通信协议

DSRC 的通信协议是参照开放式系统互联参考模型 OSI 通信协议的第 1、2、7 层架构，分别包括物理层（PHY）、数据链路层（LLC）和应用层（Application）。如图 3 所示。

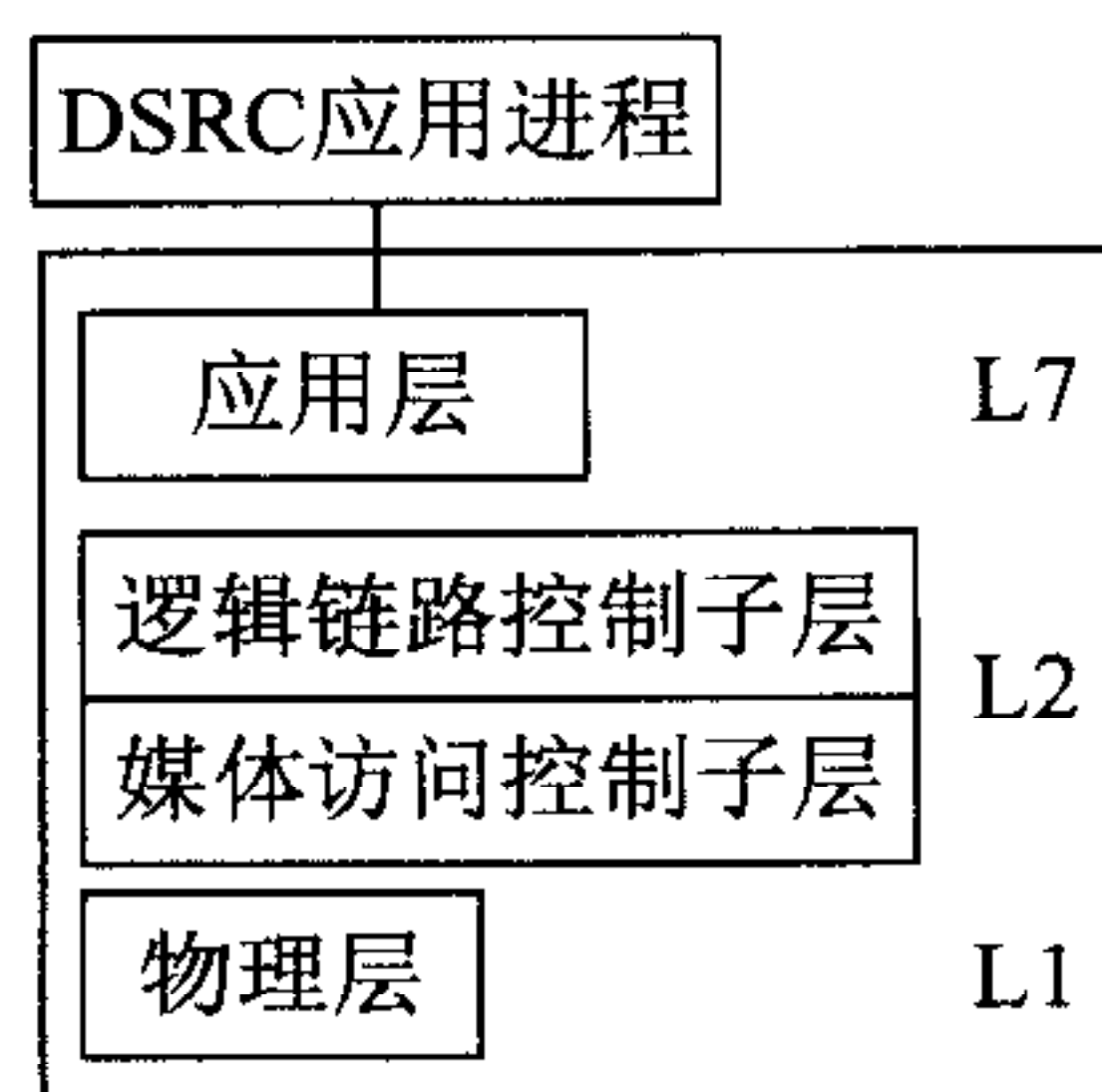


图3 DSRC 协议结构图

物理层规定了 DSRC 通信系统机械、电气、功能和过程的参数，以激活、保持和释放通信系统之间的物理连接。

数据链路层制定了媒质访问和逻辑链路控制方法，定义了进入共享物理媒质、寻址和出错控制的操作，数据链路的建立、拆除，对数据的检错、纠错等基本任务。

应用层是在数据链路层提供服务的基础上提供特定的应用服务，诸如实现通信初始化和释放程序、广播服务支持、远程应用相关操作等。

2.2 DSRC 标准进程

在 DSRC 的标准化方面，目前国际上已形成以欧洲 CEN/TC278、美国 ASTM/IEEE 和日本 ISO/TC204 为核心的 DSRC 标准化体系。各国 DSRC 频谱划分见

图4。

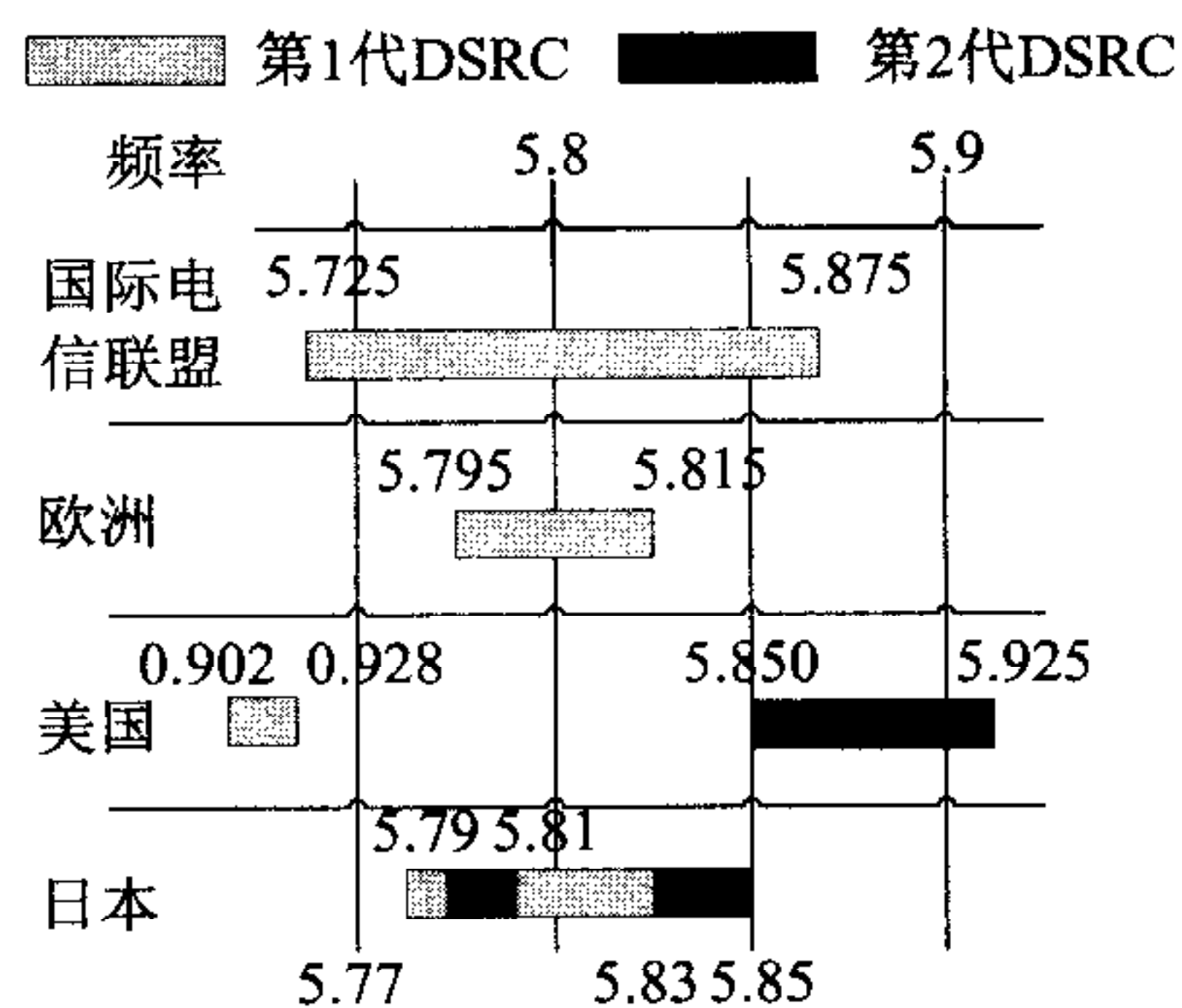


图4 全球 DSRC 频谱划分

2.2.1 国外 DSRC 标准

欧洲 CEN/TC 278 DSRC 标准的主要特点是：5.8GHz 被动式微波通信，中等通信速率（500Kb/s 上行，250Kb/s 下行），调制方式为 ASK 和 BPSK。

美国的 ASTM 和 IEEE 标准开始提出了 915MHz、TDMA 通信协议和主动应答器，在遭到相关利益方的反对和频率资源冲突问题后，提出将 5.850 ~ 5.925GHz 频带分配给智能运输服务领域并保留 915MHz 用于近期 ETC 系统的提议。

日本的 ISO/TC 204 国际标准化组织的 DSRC 标准，主要研究应用层 L7 的协议和资源管理，制定中长距离通信标准，其主要标准内容是日本基于本国的电磁场测试，确定了使用频率为 5.9GHz 的主动式微波通信。

另外，IEEE 小组在 ASTM 标准的基础上，发展了 IEEE802.11p 协议组，包括 1609 ~ 1609.4 标准。IEEE 802.11p 协议主要描述车辆无线通信网络的物理层和 MAC 层协议：MAC 层采用增强分布式信道接入机制（EDCA），物理层仍采用 802.11a 标准使用的正交频分复用（OFDM）技术，工作频率为 5.850 ~ 5.925 GHz。这些标准的制定为规范 DSRC 设备和推广 DSRC 技术起到了至关重要的作用。

2.2.2 中国 DSRC 标准

鉴于目前国际 DSRC 标准发展趋势和应用现状，1998 年 5 月，中国 ISO/TC204 技术委员会向交通部无线电管理委员会提出将 5.8GHz 频段分配给智能交通运输系统的短程通信（包括 ETC 收费系统）。

我国的电子收费短程通信标准对 DSRC 协议的物理层，数据链路层和应用层做了详细的规定，并对物理层主要参数的测试方法做了相关规定。

物理层技术要求包括上、下行链路的技术要求，分别提出了 A 类和 B 类两类技术要求，规定了载波频率、占用带宽、频率容限、等效全向辐射功率、邻

道泄漏功率比、天线半功率波瓣宽度、天线极化、交叉极化鉴别率、调制方式、调制系数/误差、频率偏移、编码方式、位速率、位时钟精度等参数。

数据链路层需要能够对不同通信设备进行地址分配，并根据该地址实现共享信道、差错帧检验与恢复和数据流控制等子功能。数据链路层分为媒质接入控制子层（MAC）和逻辑链路控制（LLC）子层。标准对链路层的关键参数、信息帧格式和封装方式、MAC 控制域、MAC 子层和 LLC 子层多做了详细规定。

应用层核心结构包括传输内核、初始化内核和广播内核。应用层规定了各内核的服务、服务原语、参数和行为，提供一系列的服务原语给各种不同应用以实现通信过程的各种操作。这些服务原语用来规定应用数据的形态与数据结构。

表 1 为各国 DSRC 标准的比较。我国的 DSRC 标准起步较晚，在制定过程中参照了欧美日等发达国家的相关标准。在调制 OBU 响应方式上，我国选用的是主动式。这是因为主动式的通信方式更适用于我国收费公路的 IC 卡收费方式，而且具有可靠性高、通信距离远、速率高、可扩展性强。调制方式选用 ASK，即数字调幅调制。这种调制方式是一种线性调制，特点是设备简单、频带利用率较高，随着电路、滤波和均衡技术的发展，更适用于高速数据传输的需要。

表 1 现行国际 DSRC 标准对比

国家	OBU 响应方式	调制方式	传输速率/kbps
欧洲 CEN/278	被动式	ASK, BPSK	上行 250, 下行 500
美国 ASTM/IEEE	主/被动结合	QPSK	500
日本 TC/204	主动式	ASK, QPSK	1024
中国	主动式	ASK	上行 512, 下行 256

3 DSRC 应用中的问题和对策

随着 DSRC 标准化的推进，基于 DSRC 标准的 ETC 设备已经在我国收费公路上得到了广泛应用。但是与欧美日本等发达地区相比，目前我国 ETC 应用仍处于起步阶段，在实际应用过程中，由于设备原因和管理原因，还是存在各种问题。目前，由于设备原因影响 ETC 交易效率的情况主要有以下几种。

3.1 ETC 设备的可靠性

ETC 设备的可靠性主要指 OBU 和 RSU 设备的运行可靠性，包括射频性能的可靠性、设备长时间使用的可靠性。相对于一般电子设备，DSRC 规定的 5.8GHz 射频模块是 ETC 专用的微波频段，通用的消

费电子射频模块不能满足应用需求。早期的射频模设计中使用介质谐振天线方案和全分立器件方案实现唤醒和数据接收信号放大电路，由于介质谐振天线谐振腔为开放式结构，其谐振频率容易受到温度和安装环境因素影响，全分立器件实现的唤醒和数据接收信号放大电路的器件离散型会导致灵敏度一致性偏差。因此，射频模块中的频率精度、发射功率、接收灵敏度、唤醒灵敏度、唤醒时间等参数容易受温度、湿度和安装等因素影响，产生较大偏差。

介质谐振器在常温下具有较高的频率稳定度，但当环境温度变化时，介质谐振器的输出频率将随之而变化，而且介质谐振器通常采用机械方式对频率偏差进行微调，对生产调试的要求相当高，其一致性难以保证，实际使用中环境温度的变化和车辆的震动使介质谐振器方案很难保证满足规定的频率漂移和稳定性指标。针对上述问题，可以选用基于锁相技术射频源和信号放大电路集成度较高的产品，以提高整体射频性能的稳定性。

3.2 邻道干扰

所谓邻道干扰，是指一个车道上的 RSU 读写器误读取到了相邻车道的上 OBU，导致交易发生在非目的车道，影响通行效率。可能导致邻道干扰的因素包括 OBU 设备的接收灵敏度、RSU 设备的发射功率、谐振天线的天线旁瓣扩散或其他车内无线设备影响等。图 5 为天线旁瓣对相邻车道的影响示意图。其影响方式为，当 OBU 进入通信区，开始接收 RSU 发送的唤醒信号和 BST 信息，此时 OBU 不能从物理上区分两个信道的信号，这样唤醒一级随后的交易过程会同时受到 2 个信道的影响，导致通信交易失败。

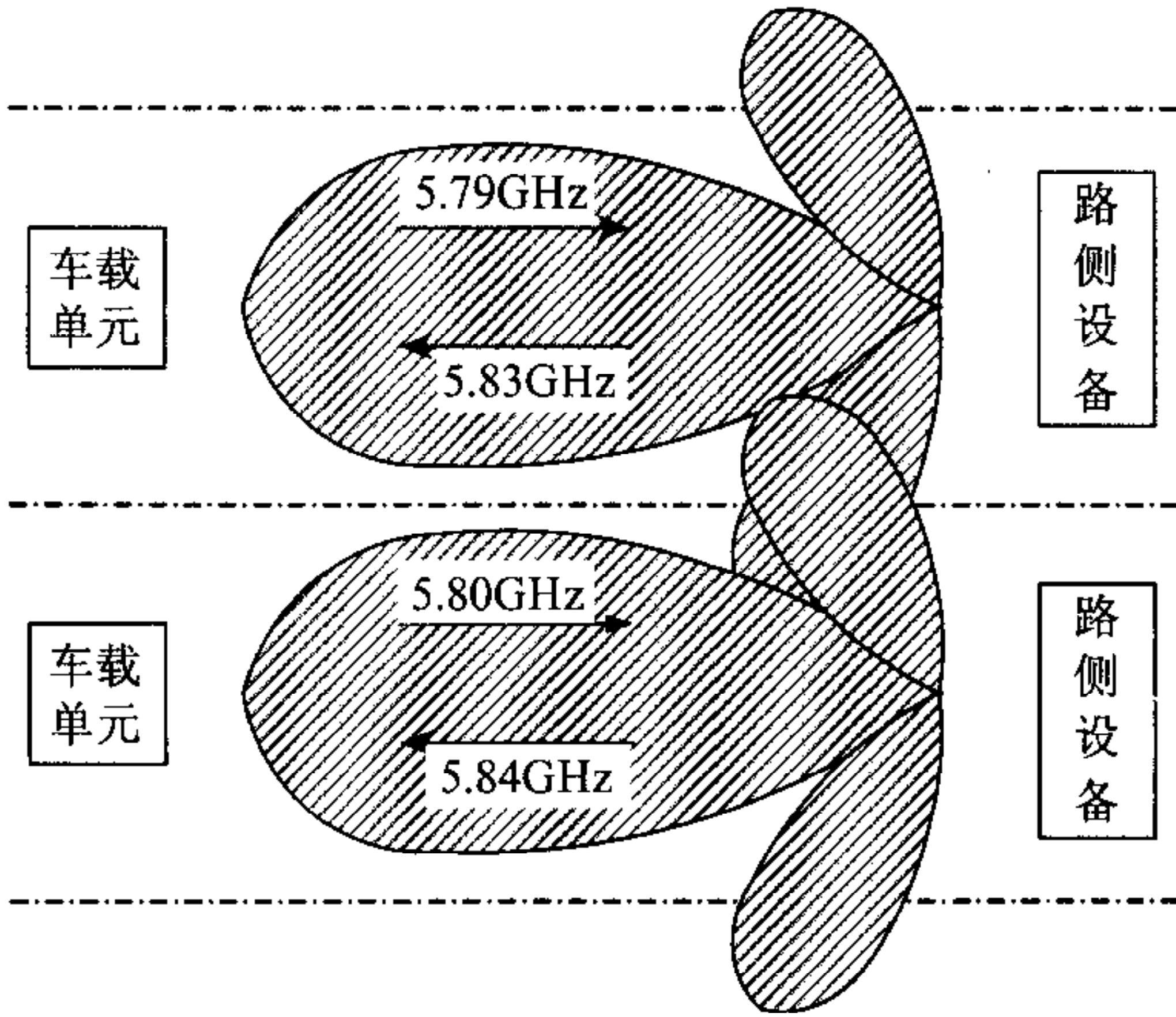


图 5 天线旁瓣对邻道车道影响示意图

另外，解决邻道干扰的关键在于解调链路的性能，主要有包络检波和相干解调 2 种解调方式。ETC 系统的误码率要求在 10ppm 以下，信道的信噪比在

10dB 以上才可以满足要求。文献 [4] 通过仿真分析认为,采用包络检波的解调方式,会造成输出信号幅度比原始信号下降,使得本车道的信号包络恶化,降低信号的信噪比。相干解调能够对信道的信噪比起到改善作用,在信号降噪和减少系统误码率方面较包络检波方式优化不少,配合合理的天线设计,优化天线波瓣角,将有力解决邻道干扰问题。

3.3 跟车干扰

跟车干扰发生在两车前后经过 ETC 车道,RSU 与后车 OBU 发生了交易,导致未交易的前车放行,已交易的后车被拦截,发生交易纠纷的情况。OBU 的唤醒灵敏度、RSU 的天线半功率波瓣宽度、RSU 接收灵敏度等参数的变化都可能引起跟车干扰,导致通行效率降低。

从系统的技术层面解决跟车干扰需要从以下几点进行控制。首先 OBU 的产品唤醒灵敏度需要一致,当车辆依次进入通信区域,只要能够保证前车的交易成功率,根据通信规则,后车就不会在前车交易完成前发生交易。其次需要对 RSU 天线的射频性能进行控制,避免出现后车 OBU 被唤醒而前车 OBU 依然处于休眠状态,导致跟车干扰现象。另外,为避免跟车干扰的发生,可以在 ETC 车道前布设线圈触发的方式,定位是否有车辆进入通信区域,与 RSU 检测结果进行比对。在实际应用中,为提高交易成功率,有些业主采用双天线的方案,即前后布设 2 台 RSU 天线,协同完成收费交易。但是上述方案会增加工程的

施工成本和工程量,车道的逻辑判断次序也会相应复杂。

4 结语

综上所述,DSRC 技术具有先进的协议结构和成熟的技术标准,在信息安全加密方面规定了严格密钥控制,设置了消费安全访问模块,是目前最适宜于 ETC 系统的技术手段。

虽然当前在 DSRC 设备应用过程中会发生设备可靠性、旁道干扰和跟车干扰等问题,但是,在不考虑管理因素的前提下,上述问题都可以通过采用先进的电子材料和集成电路、选用合理的天线谐振模块、优化产品设计,提高产品的可靠性和一致性来解决。

参考文献:

- [1] GB/T 20851-2007. 电子收费 专用短程通信.
- [2] 张令文,刘留,等. 全球车载通信 DSRC 标准发展及应用. 公路交通科技,2011,7(28):71-78.
- [3] 陈俊杰,山宝银. 5.8GHz 电子不停车收费技术综述. 同济大学学报(自然科学版),2010,38(11):1675-1683.
- [4] 张永智,韩冰,等. 解析 ETC 邻道干扰的两种调制方法. 中国交通信息产业. 2009(1):80-82.
- [5] 彭志宽,段起志,等. OBU 产品的可靠性和稳定性设计. 公路交通科技,2009,26(12):117-124.
- [6] 龙慧,朱健,等. 专用短程通信中主动与被动通信方式的性能比较. 上海铁道大学学报. 2000,21(12):23-28.
- [7] 吉宜立. ETC 系统跟车干扰解决方法初探. 现代交通技术,2010,7(2):71-73.

(上接第 234 页)

5.2 双绞线

长度、环路电阻、传输延迟、延迟偏离、插入损耗、近端串扰、相邻线对综合串扰、等效远端串扰损耗、远端等效串扰总和、近端串扰与衰减差、回波损耗是双绞线的重要性能参数,网络认证测试仪可测试双绞线的性能参数。将网络认证测试仪的测量端和远端分别连接到双绞线的两端,按照双绞线类型选定测试种类,进行测试即可得到测量数据。

5.3 抽样方法

核心交换机和二级交换机之间的光纤都要进行测试;其他光纤按照 10% 的抽样量进行抽样测试,抽样总数不得少于 3 条,少于 3 条的全部测试。

双绞线按照 10% 的抽样量进行抽样测试,抽样

总数不得少于 3 条,少于 3 条的全部测试。

6 结语

随着时间的推移,公路交通以太网系统技术正在进行很多的变革,很多新技术、新设备不断应用到其中,相信随着科技的发展和进步,会出现更先进的检测设备,也会研究出更好更精确的以太网系统测试方法。希望本文能为公路交通检测、监理和维护人员进行以太网系统测试时提供一些帮助。

参考文献:

- [1] GB/T 21671-2008,基于以太网系统技术的局域网系统验收测评规范.
- [2] JTG F80/2-2004,公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程.