第38卷 第21期
Vol.38 No.21

计 算 机 工 程
Computer Engineering

2012年11月
November 2012

·工程应用技术与实现· 文章编号：1000—3428(2012)21—0241—04 文献标识码：A 中图分类号：TP391

基于DSRC协议的ETC应用研究与实现

刘宗臻，卢元元，陈秋和

(深圳大学信息工程学院，广东 深圳 518000)

摘 要：基于DSRC协议的高速公路电子不停车收费(ETC)系统存在价格昂贵、通用性差的问题。为此，简化车载设备对错误信息帧的处理，采用微控制器设计并实现符合ETC复合消费交易应用流程规范的通信帧数据链路层及应用层信息的解析、封装。测试结果表明，程序移植到车载设备硬件系统后，系统运行稳定，时效性符合国家标准要求。

关键词：专用短程通信；电子不停车收费；路侧设备；车载设备；智能交通系统；抽象语法标记

Research and Implementation of ETC Application Based on DSRC Protocol

LIU Zong-zhen, LU Yuan-yuan, CHEN Qiu-he

(College of Information Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518000, China)

【Abstract】 Highways of Dedicated Short Range Communication(DSRC) protocol-based Electronic Toll Collection(ETC) system is expensive and has poor versatility. To solve these problems, it simplifies On-board Unit(OBU) error message frame processing, designs and implements communication frame's analysis and packaging in data link layer and application layer using microcontroller, which is in line with the complex consumer transactions of ETC application process specifications. By porting program to OBU hardware system, test results show that the system is stable, and timeliness is in line with national standards.

【Key words】 Dedicated Short Range Communication(DSRC); Electronic Toll Collection(ETC); Roadside Unit(RSU); On-board Unit(OBU); Intelligent Transport System(ITS); abstract syntax notation

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.21.064

1 概述

随着社会经济的高速发展，现有的路网能力难以承受交通量日益增长的压力，无论是发达国家还是发展中国家都不同程度地被交通环境恶化所困扰。随着交通智能化的迫切发展需求，智能交通系统(Intelligent Transport System, ITS)应运而生。ITS系统将计算机处理技术、数据通信技术及电子控制技术综合运用于交通运输管理体系，以充分发挥现有基础设施的潜力，提高运输效率，保障交通安全，缓解交通拥挤。2007年5月，我国颁布了适用于智能交通系统的专用短程通信(Dedicated Short Range Communication, DSRC)协议规范，它在一个短距离工作区域内提供高速无线通信链路规范。

基于DSRC的应用主要为电子不停车收费(Electronic Toll Collection, ETC)。此外，DSRC协议规定了2号~31号应用，如道路标志站应用、城市道路收费、停车场管理应用。本文研究基于DSRC协议的高速公路电子不停车收费应用实施规范，实现了车载设备(On-board Unit, OBU)端数据链路层及应用层信息帧的协议处理，并在OBU系统上进行了测试。

2 DSRC协议简介

参照OSI体系结构中的七层模型，DSRC协议划分为3层：物理层，数据链路层，应用层。

物理层规定了上行链路、下行链路传输媒体的物理特性要求。

数据链路层[1]分为媒体访问控制(Medium Access Control, MAC)子层和逻辑链路控制(Logical Link Control, LLC)子层。在OBU端，MAC子层服务包括：(1)专用链路建立；(2)检测命令帧的有效性；(3)子层信息的接收；(4)响应帧的发送。LLC子层的功能包括控制信息的初始化、解释收到的命令PDU(Protocol Data Unit)并生成相应的响应PDU、差错控制和差错恢复。同时，提供2种逻辑链路控制操作：(1)不确认无连接方式，在上层提供了基本数据恢复和顺序功能时使用此类型操作，该数据传输可以是点对点、组播或广播。(2)确认无连接方式，它允许一个站点在传送数据的同时又请求回传数据，该数据传输只能是点对点的。

基金项目：国家自然科学基金资助项目(61070252)

作者简介：刘宗臻(1986－)，男，硕士研究生，主研方向：信息安全，智能交通系统；卢元元，教授；陈秋和，高级工程师

收稿日期：2011-12-14 **修回日期**：2012-02-28 **E-mail**：lzz_mail@126.com

应用层[2]利用数据链路层提供的服务，通过服务原语实现通信初始化、广播、层管理和信息配置等功能。应用层包括 3 个核心单元：传输核心单元(T-KE)，初始化核心单元(I-KE)，广播核心单元(B-KE)。在 ETC 应用中用到 Initilization、Action、EventReport 3 类服务原语，其描述如表 1 所示。

表 1 ETC 应用服务原语

服务原语	服务描述
Initilization	由 I-KE 启用，通信双方进行通信初始化
Action	由应用启用，要求对方完成某特定操作，工作在 2 种确认和不确认模式，确认模式下要求应答
EventReport	由应用或 I-KE 启用，实现向同级应用或 I-KE 报告事件，确认模式下要求应答

3 ETC 应用实现

目前 ETC 系统组件包括路侧设备(Roadside Unit, RSU)和 OBU。RSU 放置在高速公路收费站路侧，OBU 放置在车辆的挡风玻璃上，RSU 与 OBU 基于 DSRC 协议完成一系列无线信息交互，完成高速公路电子不停车收费。

3.1 ETC 应用流程

典型的电子不停车收费应用主要有：符合中国金融集成电路(IC)卡规范 1.0 的 ICC-PSAM 传统消费交易，符合中国金融集成电路(IC)卡规范 2.0 电子钱包扩展应用规范的 ICC-PSAM 复合消费交易。本文讨论复合消费交易。

在进入 RSU 服务区之前，OBU 处于低功耗的休眠状态，进入服务区后，OBU 接收到唤醒信号后，转换为工作状态，并对 IC 卡信息进行预处理，预处理包括防拆检测、IC 卡插卡检测、读取 IC 卡预处理信息。随后，OBU 进入 DSRC 通信范围，与 RSU 完成 ICC-PSAM 的复合交易消费流程[3]。该流程包括建立链接、应用信息交互和释放链接 3 个部分。

(1)建立链接

该阶段主要完成通信链路的建立。RSU 与 OBU 协商通信参数及应用参数，RSU 获取部分应用信息，使用的服务原语为 Initilization。

RSU 在通信范围内周期性地发送 BST(Beacon Service Tabel)，OBU 接收到 BST 后，对通信帧进行信息解析，若通信帧符合协议规范，则 OBU 根据 BST 提示，组装 VST (Vehicle Service Table)回送给 RSU，建立通信链路。

(2)应用信息交互

该阶段分为 2 部分：RSU 获取 OBU 数据，复合消费交易。RSU 获取 OBU 数据的流程为：RSU 使用 Action 服务原语请求以安全的方式获取 OBU 的车辆信息文件；OBU 读取 ESAM 中的车辆信息文件，进行 3DES 加密，并携带相关安全数据供 RSU 对 OBU 身份进行验证。复合消费交易的流程为：RSU 使用 Action 服务原语按顺序发送复合交易初始化，更新复合消费交易缓存和应用复合消费 3 条命令；OBU 分别响应，写入本次消费特征信息，改写电子钱包的余额，并完成与 RSU 消费交易安全性的外部认证。使用的服务原语为 Action。

(3)释放链路

RSU 释放与某个 OBU 已建立的链路，OBU 收到撤销链路的命令后进入睡眠状态，使用的服务原语为 Event Report。

3.2 ETC 软件实现

软件设计主要考虑了 ETC 应用的 3 个主要特点：(1)时效性。DSRC 协议通信范围为 20 m 左右，高速公路车辆要在高速行进中完成整个收费过程，则信息帧的解析和封装必须要快。(2)稳定性。保证连续多次收费交易能够正常进行。(3)可扩展性。DSRC 协议为其他交通应用定义了接口，所以，设计必须为未来的应用留下扩展接口。

3.2.1 基本框架

DSRC 协议规定，去除底层实现的高级数据链路控制与 2 字节循环冗余校验(Cyclic Redundancy Check, CRC)，数据链路层和应用层数据帧最大为 126 Byte。为了方便对通信帧数据的快速定位，OBU 端使用 126 Byte 的数组作为全局缓存区，存放接收到的信息帧和将要发送的响应信息帧，通过移动数组索引快速解析和封装数据。

软件的整体框架按照协议分层和服务原语进行设计：

(1)按照协议分层，解析信息帧从下至上进行解析，封装信息帧则从上至下封装。

(2)应用层数据根据服务原语类型进行解析，服务原语包括 Initilization、Action、EventReport。即使是 ETC 应用未使用的服务原语也留下了相应的实现接口，具有良好的扩展性。

(3)其他函数设计，包括 IC 卡读写函数群、中断服务程序、随机数产生函数等。

协议处理数据解析流程如图 1 所示，协议处理中数据封装流程是解析流程的逆过程。

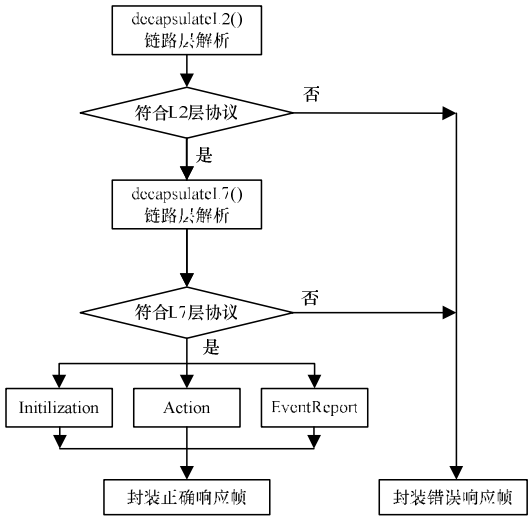


图 1 程序处理流程

3.2.2 软件具体实现

(1)数据链路层解析函数实现

命令信息帧链路层数据包含 4 Byte 的 MAC 地址域、

1 Byte 的 MAC 控制域、1 Byte 的 LLC 控制域。生成的响应信息帧链路层数据多 1 Byte 的 LLC 状态域。

解析函数对 6 Byte 的内容进行协议分析，若链路层数据内容符合 DSRC 协议，则根据分析结果把当前状态作为返回值传递给上层，在 OBU 端，链路层传递给应用层的状态描述如表 2 所示。

表 2　链路层传递至应用层状态

类型	状态	服务原语	描述
TYPE1	BROADCAST_ UI	DL_UNITDATA. indication	类型 1 发送数据的命令帧，且 MAC 控制域第 5 位 Q 为 1，表示广播信息。提示 BST 到来
	SEND_DATA_TYPE1	DL_UNITDATA. indication	类型 1 发送数据的命令帧，Q 比特为 0
TYPE3	SEND_DATA_TYPE3	DL_DATA_ACK. indication	类型 3 发送数据的命令帧，要求响应
	EXCHNGE_ DATA_TYPE3	DL_REPLAY. indication	类型 3 交换数据的命令帧，要求响应

若链路层数据错误，则不再进行应用层数据解析，直接封装错误响应信息帧。此外，还要保存部分状态信息用于进行差错控制和记录响应信息，如位变量 VRI 用来判断命令是否为重发和记录 LLC 控制域的命令类型，lid 记录专用链路地址，commdInfo 记录链路层 LLC 状态域低 4 位 CCCC 部分的信息。

(2)应用层解析函数实现

在协议中，应用层数据定义为 T_APDUs(Tansfer Application Data Unit)，它根据服务原语分类，用 ASN.1 (Abstract Syntax Notation One)语法标记，长度不定。因此，必须先把 ASN.1 数据结构映射为 C 数据结构。一般来说，通信中 ASN.1 类型的数据映射至 C 结构的数据，需要专门的编解码函数进行转换，但在 DSRC 协议中使用的是紧缩编码规则(Packed Encoding Rule, PER)，且通信双方并不是异构网络，所以，不需要实现严格的 ASN.1 编解码器函数。

ASN.1 类型映射至 C 结构的主要规则如表 3 所示[4-5]。

在协议中，T_APDUs 的类型、可选项表示比特位、T_APDUs 的第 1 个成员或填充比特一起刚好为 1 Byte，而 BIT STRING(SIZE(?))类型主要表示填充比特，所以，BIT STRING(SIZE(?))可以用单字节 leadCode 表示。此外，ASN.1 类型中 OPTIONAL 成员变量用指针表示，如果判断该可选项不存在，则指针为空。

表 3　ASN.1 类型到 C 结构的映射

ASN.1 类型	C 结构	说明
CHOICE	union	C 结构内建类型
SEQUENCE	struct	各成员变量按序排列
SEQUENCE OF	linkedList	单向链表表示
BIT STRING(SIZE(?)), INTEGER(0…?,…)	uint8 或 struct	Size()在 c 内建类型范围内，用内建类型表示，否则，第 1 个成员为 size，第 2 个成员为指针，指向起始地址
OCTET STRING(SIZE(?))	struct	

以 BST 为例，它使用的是 T_APDUs 中的 Initilization. request 服务原语。其 ASN.1 结构映射至 C 结构的结果如表 4 所示[6]。

表 4　BST 的 ASN.1 类型到 C 结构的映射示例

ASN.1 类型	C 结构
BST :: = SEQUENCE {	struct　BST {
fill　　BIT STRING(SIZE(3)),	Uint8_t　　leadCode;
rsu　　BeaconID,	uint32_t　　rsu;
time　　Time,	uint32_t　　time;
profile　　Profile,	uint8_t　　profiile;
mandapplications　ApplicationList,	Struct　ApplicationList　mandapplications;
nonmandapplications ApplicationList OPTIONAL,	Struct　ApplicationList *nonmandapplications;
profileList　SEQUENCE(0…127…) OF Profile	linkedList　profile
}	}

应用层数据起始字节为分段字头，长度不定，但在整个交易流程中，通信帧的长度没有超过 126 Byte，不需要进行分段，所以，分段字头长度为 1 Byte。若分段字头内容符合 DSRC 协议规定，则进行应用层数据解析，按照下面 3 个步骤进行：

1)解复用和并段。目前通信帧不需要进行分段，所以，这部分功能无需实现。

2)解码。利用上述映射规则生成的解码函数将应用层数据封装到相应的 T_APDUs。这里需考虑到应用层数据有拼接的情形，即多个 T_APDUs 拼接起来共用一个链路层，这样可以减少 RSU 与 OBU 信息交互次数，从而提高交易速度。在 ETC 应用实施规范中，只进行了一次应用层数据拼接，且拼接数为 2，所以，对于有拼接的情况，第 1 个 T_APDUs 解码完成后，保存索引值，先对第 1 个 T_APDUs 执行下一步骤，完成无误后，再对第 2 个 T_APDUs 解码，这样的优点在于不需要定义多个 T_APDUs，减少占用的存储空间。

3)PDU 转化为 SDU(Service Data Unit)。对 T_APDUs 内容进行分析。若符合协议规定，则对 ESAM、IC 卡或人机界面等执行相应的操作；反之，返回错误信息类型并封装错误信息帧。

整个解析过程完成后，进行响应帧的封装，它为解析

命令帧的逆过程。

4 运行结果

作为测试，RSU 端的功能主要包括：发送命令帧，接收响应帧，并操作 PSAM 卡完成交易中的安全认证[7-8]。下面以带预处理的复合消费交易入口为例说明实现结果。

(1)运行环境。keilC 上调试通过的程序移植到 OBU 硬件系统。处理器为 8 位增强型 51 单片机，主频 16 MHz，128 Byte 内部数据存储区，1 KB 外部数据存储区，16 KB 代码存储区，在 OBU 端，设置串口助手查看收到的命令帧和生成的响应帧，设置单片机内置的定时器来计算交易流程耗费时间。

(2)测试流程。ETC 实施规范中复合消费交易入口流程。图 2 为流程中建立链接部分的信息帧格式。第 1 帧为收到的 BST，第 2 帧为回送的 VST。

(3)运行结果。连续进行 50 次复合消费交易入口测试，均在 300 ms 左右，符合 ETC 应用的稳定性和实时性要求。

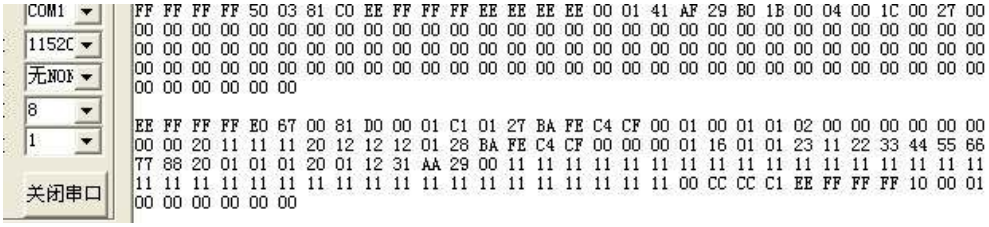


图 2 BST 与 VST 信息帧格式

5 结束语

本文基于 DSRC 协议和 ETC 应用实施规范的研究，实现了 OBU 端基于 DSRC 协议 ETC 应用的软件设计，结果表明，本文方法具有良好的稳定性、实时性和扩展性。实际应用中，RSU 的功能应该更复杂，处理能力更强，这样，整个 ETC 交易流程可以更快完成。

参考文献

[1] 全国智能运输系统标准化技术委员会. GB/T 20851.2-2007 电子收费专用短程通信第 2 部分: 数据链路层[S]. 2007.

[2] 全国智能运输系统标准化技术委员会. GB/T 20851.3-2007 电子收费专用短程通信第 3 部分: 应用层[S]. 2007.

[3] 交通部公路科学研究院. 高速公路区域联网不停车收费示范工程暂行技术要求第 8 部分: 基于 DSRC 的 ETC 交易互操作规范[EB/OL]. (2008-08-21). http://www.gov.cn/zhuzhan/zhengwugonggao/jiaotongbu/gongluguanli/200809/20080904_519540.html.

[4] 唐 波, 王 能. DSRC 协议 ASN_1 模块的设计与实现[J]. 计算机应用, 2008, 28(6): 1490-1493.

[5] 钟慧玲, 徐建闽, 彭选荣. 专用短程通信协议模型的求解和分析[J]. 华南理工大学学报, 2005, 33(6): 18-22.

[6] 王媛媛. ITS 系统中 DSRC 协议的时窗管理分析[J]. 网络与系统, 2003, 33(4): 44-48.

[7] 彭志宽, 段起志, 肖春来. OBU 产品的可靠性和稳定性测试[J]. 公路交通科技, 2009, 26(S1): 117-123.

[8] 张 星. ETC 车道收费软件的设计与实现[J]. 中国交通信息化, 2011, (1): 70-92.

编辑 张正兴

(上接第 231 页)

保留原始图像的轮廓。近年来，稀疏表示成为基于视觉特性处理图像的一种新方法，并已在图像特征提取和降噪中得到广泛应用。鉴于此，基于稀疏表示的 MMW 图像组合去噪方法是下一步的研究方向。

参考文献

[1] 肖泽龙. 毫米波对人体隐匿物品辐射成像研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2007.

[2] 陈阳侃. 无源毫米波图像处理与特征分析研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2010.

[3] 李迎春, 范有臣, 杜永红, 等. 激光主动成像图像降噪方法[J]. 激光与红外, 2011, 41(9): 1036-1040.

[4] Chang S G, Yu Bin, Vetterli M, et al. Adaptive Wavelet Threshold for Image Denoising and Compression[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(9): 1532-1546.

[5] 宋琼琼, 贾振红. 基于人眼视觉特性的自适应中值滤波算法[J]. 光电子·激光, 2008, 19(1): 128-130.

[6] 黄宝贵, 马春梅, 卢振泰, 等. 新的形态学图像降噪方法[J]. 计算机应用, 2011, 31(3): 757-759.

[7] 练秋生, 陈书贞. 基于解析轮廓波变换的图像稀疏表示及其在压缩传感中的应用[J]. 电子学报, 2010, 38(6): 1293-1298.

[8] 范庆辉, 李兴国, 张光锋, 等. 阈值法在毫米波目标辐射信号去噪中的应用研究[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(10): 2356-2359.

[9] 徐华楠, 刘 哲, 胡 钢, 等. Contourlet 变换及其在图像去噪中的应用研究[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(2): 401-405.

编辑 金胡考