

OBU 设备 DSRC 协议一致性测试技术

沈进, 张卫, 熊鹏

(华东师范大学计算机科学与技术系, 上海 200241)

摘要: 研究基于电子收费专用短程通信(DSRC)协议标准设计的 OBU 设备的 DSRC 协议一致性测试技术, 通过分析 OBU 设备的特点及 DSRC 协议的国家标准, 按照 ISO/IEC 9646 协议一致性测试标准, 结合 TTCN-3 测试技术, 提出一套完整的 DSRC 协议一致性测试解决方案, 该方案主要包括抽象测试集的设计和测试平台的架构 2 个部分。

关键词: 专用短程通信; 路侧单元; 车载单元; 一致性测试

DSRC Protocol Conformance Test Technology of OBU Equipment

SHEN Jin, ZHANG Wei, XIONG Peng

(Department of Computer Science and Technology, East China Normal University, Shanghai 200241)

【Abstract】 This paper studies Dedicated Short Range Communication(DSRC) protocol conformance test technology of On Board Unit(OBU) equipment, which is designed based on Chinese DSRC standard. Through research and analysis of the specialty of OBU equipment and Chinese DSRC standard, in accordance with ISO/IEC 9646 protocol conformance test standard, and combining with TTCN-3 testing technology, it proposes a complete solution which includes the design of Abstract Test Suite(ATS) and the test platform.

【Key words】 Dedicated Short Range Communication(DSRC); Road Side Unit(RSU); On Board Unit(OBU); conformance test

1 概述

专用短程通信(Dedicated Short Range Communication, DSRC)协议是国际上专门为智能交通系统(ITS)开发的协议。基于 DSRC 协议的通信系统主要包括 3 个部分: 车载单元(On Board Unit, OBU), 路侧单元(Road Side Unit, RSU), DSRC 协议。通过 DSRC 协议可以实现车-路和车-车之间的双向数据无线通信。

电子收费(Electronic Toll Collection, ETC)是 ITS 的重要组成部分之一, 它可以实现汽车不停车收费。DSRC 协议是 ETC 的重要基础。我国早在 1996 年就开始了电子收费专用短程通信的研究。2007 年 3 月 19 日我国正式发布了具有中国特色的电子收费专用短程通信标准^[1], 本文简称国标。

一致性测试^[2]用于确定系统或设备是否与标准规范一致。随着国标的发布, 越来越多的厂商和科研单位开始了 RSU 和 OBU 的研发工作。为了保证所开发的 RSU 和 OBU 之间的兼容性, 需要在应用前对这些设备进行一致性测试。国外对 DSRC 设备一致性测试研究开展得比较早, ETSI 在 2004 年成立了专门的研究小组负责 DSRC 协议一致性测试研究, 并在随后的几年中发布了物理层、数据链路层和应用层的测试标准或草案。虽然国标发布的时间比欧洲、美国和日本晚了几年, 但在此之前, 国内一些科研机构已投入到这方面的研究中。华南理工大学在 2004 年提出了国标的草案, 并针对这个草案提出了一致性测试系统的设计方案^[3], 但他们所设计的系统主要面向 DSRC 设备在开发中的内部测试。本文重点研究按照国标开发的 OBU 设备一致性测试的解决方案。

2 DSRC 协议栈

国标制定的 DSRC 协议栈主要分为 4 个层次: 物理层(L1), 数据链路层(L2), 应用层(L7)和设备应用层。协议栈结构如图 1 所示。



图 1 DSRC 协议栈结构

物理层规定了上行链路和下行链路的要求, 包含载波频率、占用带宽和杂项发射等物理参数。载波频率是一个很关键的参数, 国标规定的参数是 5.8 GHz, 欧洲和日本的 DSRC 标准也规定了 this 频率。

物理层提供了设备之间利用无线信道进行位数据传输的服务。

数据链路层包含 2 个子层: MAC 子层和 LLC 子层。MAC 层提供的服务有专用链路的建立、帧的接收、帧的发送等。LLC 子层提供 2 种服务方式: 不确认无连接方式和确认无连接方式。

应用层包含 T-KE, B-KE, I-KE 3 个核心模块, 三者之间的关系如图 2 所示。

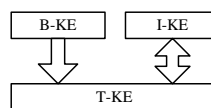


图 2 L7 层 3 个模块之间的关系

作者简介: 沈进(1982-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 计算机网络; 张卫, 教授、博士生导师; 熊鹏, 博士研究生

收稿日期: 2008-10-20 **E-mail:** senjim@126.com

T-KE 的主要功能是通过将预定义的服务原语转换为传输报文(T-APDU)及其逆过程,并通过 L2 在通信实体间传输报文。其核心功能有分段和解分段、级联和级联链、编码和解码的处理等。I-KE 主要负责通信的初始化,包含 RSU 端 BST 的重复发送、OBU 端 BST 的接收处理和 VST 的发送、RSU 端对 VST 的应答等。B-KE 提供 OBU 和 RSU 的广播群组交换功能,为 RSU 和 OBU 的各种应用实现广播信息分发和收集。

设备应用层包含了用于 ETC 应用的技术要求、数据结构、应用接口和应用安全。OBU 设备内数据采用目录与文件进行组织。ETC 应用应用层原语 ACTION 上扩展出 ETC 应用的接口。ETC 应用包含访问许可、信息鉴别和加密保护 3 种安全保护手段。

3 OBU 设备的一致性测试

3.1 一致性测试的概念

一致性测试是指确定被测实现(Implementation Under Test, IUT)是否与标准规定相一致。一致性测试的实质是在一定的网络条件下,通过一组测试序列比较 IUT 的实际输出与预期输出,从而判定 IUT 与协议规定的一致程度。IUT 所在的系统被称为被测系统(System Under Test, SUT)。

按照 ISO9646 标准,一致性测试包含 3 个步骤:测试准备,测试执行和测试报告生成。测试准备主要包括:协议实现一致性说明(PICS)和协议实施附加信息(PIXIT)的制定,测试方法的选择和抽象测试集(Abstract Test Suite, ATS)的设计,测试平台的架构等。测试执行是指根据 PICS 和 PIXIT,把 ATS 转化成执行测试集(Executable Test Suite, ETS)执行。PICS 和 PIXIT 中主要有协议测试中的一些选项和参数,因此,OBU 设备一致性测试重点研究测试方法的选择,抽象测试集(Abstract Test Suite, ATS)的设计以及测试平台的架构方法。

3.2 测试方法的选择

一致性测试通过测试观察点(Point of Control and Observation, PCO)对 IUT 的层间服务进行控制和观察。对于端系统,根据 PCO 设置点的不同,一致性测试方法分为本地测试法、分布式测试法、协调测试法和远程测试法。测试功能部件包含上测试器(Upper Tester, UT)和下测试器(Lower Tester, LT)。UT 主要负责直接控制和观察 IUT 的上层服务,而 LT 相对比较复杂,主要负责间接控制和观察 IUT 的下层服务,LT 和 IUT 是通过下层服务通信的。

本地测试法的 UT 和 LT 都在测试系统中,通过 IUT 提供的上下硬件接口进行观察和控制。分布式测试法的 UT 直接嵌在 SUT 中,并且 UT 通过调用 IUT 提供的上层服务对其进行观察和控制。与前 2 种方法不同,协同测试法和远程测试法并不要求 IUT 提供外部可访问的上层接口。协同测试法采用标准化的测试管理协议(TMP)和测试管理协议的数据单元(TM-PDUs)进行自动的测试管理,这需要 IUT 支持 TMP。远程测试法的特点在于它并不要求 IUT 提供上接口,因此,并没有实际的 UT 存在,测试判定是由基于 LT 对 IUT 提供的激励以及 LT 所观察到的 IUT 的响应做出。测试方法的选择取决于 IUT 上下边界的可访问性。

OBU 设备属于端系统,在 OBU 设备中包含了一个符合 OSI 分层标准的 DSRC 协议栈。最理想的测试方法是采用分布式测试法,对协议栈进行分层测试,即把 DSRC 协议栈的每层分别作为 IUT,通过 UT 和 LT 的协调控制对 IUT 进行测试。这种方法的优点在于嵌入 SUT 的 UT 可以调用 IUT 上边

界服务对 IUT 的各个功能进行全面的测试,设计出覆盖比较全面的测试集。但是由于厂商的 OBU 设备一般是一个不可分的独立设备,在测试时无法在 OBU 设备中设置 UT,因此分布式测试法不适用于 OBU 设备一致性测试。远程测试法可以解决这个难题,这种方法不需要 UT 的存在,但可以通过 LT 在底层协议上设置 PCO 观察和控制 IUT,原理如图 3 所示。

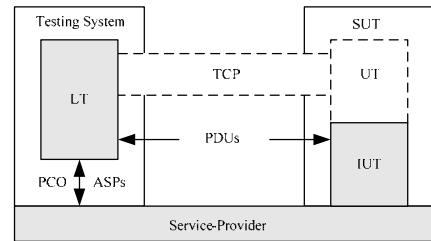


图 3 远程测试法

这种方法的优点是易于实现,缺点在于测试只能通过 LT 调用底层协议提供 ASP 控制发送至 IUT 的 PDU,依赖 SUT 自身的响应机制实现对 IUT 的观察和控制。因此,这种方法难以对协议标准中规定的 IUT 的所有功能进行全面的测试,但是对于不同厂商生产的 OBU 设备而言,能够做完这样的测试,其产品兼容性已经得到了很大的保证。

3.3 ATS 的设计

ATS 结构自上而下分别是:测试组(test group),测试案例(test case),测试步骤(test step)和测试事件(test event)。

DSRC 协议栈主要包含 4 层:物理层,数据链路层,应用层,设备应用层。

本文采取由下往上分层测试的方法进行一致性测试,在测试各层时,假设该层以下的层次是可靠的。首先假设物理层是可靠的,因为国标第 5 部分已对物理层测试条件和测试方法做了详细的设计说明。因此,IUT 可分为:MAC 层,LLC 层,应用层,设备应用层。

ATS 的设计参照 ISO/IEC 9646-2 标准^[4],测试组和测试案例的设计主要依据协议标准中规定的行为或过程。由于测试方法的局限性,有些过程没有包含在测试集中。

ATS 一般分为 2 个组:正确行为和非正确行为。正确行为中的测试案例是指严格按照标准中规定的行为进行设计的测试案例,而非正确行为中的测试案例是指通过改变标准中规定行为中的某些参数或者流程而设计的测试案例。MAC 层、LLC 层、设备应用层的 ATS 都分成这 2 个组。应用层的 ATS 首先按 3 大模块分成 3 组:T-KE, I-KE, B-KE。这些小组再按正确行为和非正确行为分成 2 个子组。

每个测试组包含一个或多个测试案例。如 LLC 层 ATS 的正确行为组中包含测试案例:(1)确认 OBU 可以交换 UI 命令;(2)确认 OBU 可以处理 ACn 数据传输;(3)确认 OBU 可以处理 ACn 数据交换;(4)确认 OBU 可以处理重复 ACn 命令。

ATS 的编写采用 TTCN-3^[5]语言。测试和测试控制表示法第 3 版(Testing and Test Control Notation Version 3, TTCN-3)是一种标准化协议测试描述语言,可用于多种类型的测试。下面是用 TTCN-3 编写的用于测试 OBU 是否可以交换 UI 命令的测试案例:

```
//确认 OBU 可以交换 UI 命令
testcase tc() runs on mtcType system systemType{
    map(mtc:mtcPort, system:systemPort);
    //send BST
    mtcPort.send(packetBST);
}
```

```

//start the timer
localtimer.start;
alt{
    //received a VST in an UI Command
    [] mtcPort.receive(packetAnyVST)
    {localtimer.stop;
    setverdict(pass);
    }
    //receive other things
    [] mtcPort.receive{
        localtimer.stop;
        setverdict(fail);
    }
    //time out
    [] localtimer.timeout{
        setverdict(fail);
    }
}
//unmap the ports again
unmap(mtc:mtcPort, system:systemPort);
}

```

3.4 测试平台的架构

测试平台由 TTworkbench 软件、测试 RSU 和被测 OBU 设备 3 部分组成。TTworkbench 软件具有基于 TTCN-3 语言的测试例的编写、编译、执行、管理和分析功能^[6]。TTworkbench 软件中内置 UDP 插件，它可以使用 UDP 协议实现与 SUT 的通信。测试 RSU 由 RSU 端 DSRC 协议栈、协议层管理和 UDP 协议 3 个部分构成。其中，协议层管理模块的功能是 UDP 报文的处理和 DSRC 协议栈接口的管理，还有这两者之间的关联。TTworkbench 软件和测试 RSU 通过以太网连接，测试 RSU 和被测 OBU 通过天线进行数据交互。系统架构如图 4 所示。

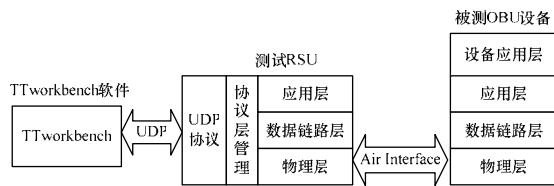


图 4 OBU 设备一致性测试平台

整个系统的工作原理是：(1)TTworkbench 软件执行测试案例，测试数据通过 UDP 协议发送给测试 RSU。(2)测试 RSU 根据收到的数据判断 IUT 类型及 PCO 在协议栈的位置，由此

决定使用哪一层协议的接口将测试数据从天线发送出去。(3)被测 OBU 设备可以用天线收到测试数据并做出响应，发送数据给测试 RSU。(4)测试 RSU 根据 PCO 在协议栈的位置决定在哪一层协议的接口上取出数据，再用 UDP 协议发回给 TTworkbench 软件。(5)TTworkbench 软件对收到的数据进行分析，得出测试结果。

4 结束语

本文分析了 OBU 设备中 DSRC 协议栈的特点，并根据 ISO/IEC 9646 标准设计了一套一致性测试方案。这套方案包含测试方法的选择、ATS 的设计和测试平台的架构。由于按照国标设计的 OBU 设备并未提供外部可访问的测试接口，因此采用了远程测试法，并且结合测试方法的特点以及基于 ETC 应用的 DSRC 协议栈特点设计了 ATS。由于方法本身的局限，ATS 中设计的测试只能覆盖 DSRC 协议标准中的基本部分。本文建议国标中增加测试接口功能的说明，使得可以选择分布式测试法对 OBU 设备中的 DSRC 协议栈进行覆盖更为全面的一致性测试。

参考文献

- [1] 全国智能运输系统标准化技术委员会. GB/T 20851-2007 电子收费专用短程通信：物理层，数据链路层，数据链路层，应用层，设备应用层，物理层主要参数测试方法[S]. 2007.
- [2] ISO/IEC 9646-1-1995 OSI Conformance Testing Methodology and Framework for Protocol Recommendations for IUT-T Applications——General Concepts[S]. 1995.
- [3] 屠宇，徐建闽，钟慧玲. ITS 专用短程通信协议一致性测试系统的设计与实现[J]. 华南理工大学学报, 2004, 32(8): 9-12.
- [4] ISO/IEC 9646-2-1995 OSI Conformance Testing Methodology and Framework for Protocol Recommendations for IUT-T Applications——Abstract Test Suite Specification[S]. 1995.
- [5] ETSI 201 873-1-2005 Methods for Testing and Specification; The Testing and Test Control Notation Version3; Part1: TTCN-3 Core Language[S]. 2005.
- [6] 蒋凡，季向东，曾凡平. TTCN-3 测试系统的设计与实现[J]. 计算机工程, 2005, 31(11): 80-81.

编辑 张帆

(上接第 247 页)

4 结束语

在本文设计的数据采集系统中，通过在正常运行时保存 USB 寄存器值，复位后调用 *USB_Recover* 子函数对寄存器进行还原的方法，保证了系统无论在冷复位还是热复位后，USB 通信的各种条件都能满足，所以设备检测和通信都能正常进行。本文同时验证了该方法的正确性。

参考文献

- [1] 王宜怀，刘晓升. 嵌入式技术基础与实践[M]. 北京：清华大学出版社, 2007.
- [2] Freescale Inc.. MC908HC08JB8[EB/OL]. (2004-03-21). <http://www.freescale.com>.

- [3] Thesycon Inc.. USBioman[EB/OL]. (2002-05-03). <http://www.thesycon.com>.
- [4] MindShare Inc., Anderson D, Dzatko D. Universal Serial Bus System Architecture[M]. 孟文，译. 北京：中国电力出版社, 2001.
- [5] 薛园园. USB 应用开发技术大全[M]. 北京：人民邮电出版社, 2007.
- [6] 沈健. USB 设备接口的研究与设计[D]. 合肥：合肥工业大学, 2007.

编辑 金胡考