

高速公路 ETC 收费模式比较与测试方法

刘 斌 路小波 高朝晖

东南大学，

教育部智能运输系统工程研究中心，南京 210096

摘 要：为保证整个 ETC 系统的可靠运行，需要对整个系统的功能进行严格测试，测试方案包括：室内测试、现场测试、系统指标测试和软件测试等内容。分别对组合式收费方式和主副卡式收费方式两种 ETC 收费方式进行测试，分析比较这两种 ETC 方式的优缺点，以确定适合路网实际情况的方式。最后，以苏南路网为例进行验证测试，并得出验证结论。

关键词：高速公路；ETC（不停车收费）；模式比较；测试

中图分类号：F540.4

文献标识码：A

文章编号：1672-4747(2007)02-0031-06

Comparing and Testing of ETC Modes in Chinese Freeway

LIU Bin LU Xiao-bo GAO Chao-hui

ITS Institute, Southeast Univ., Nanjing 210096, China

Abstract: Systematically testing of electrical toll collection (ETC) is a basis for its practical application. The test includes testing in door, testing on site, testing of index and testing of software. After testing and comparing the combined mode and bi-card mode separately, the mode more suitable to real situation was put forward. A case testing in the expressway networks in southern Jiangsu province was presented finally to verify the research achievements.

Key words: Expressway, electrical toll collection, mode comparing, testing

收稿日期：2006-07-20.

基金项目：江苏省交通科学研究计划项目（05X025）

作者简介：刘 斌（1977-），男，江苏金坛人，东南大学讲师，在职博士研究生，研究方向：交通信息工程及控制。

0 引言

ETC 联网收费系统工程是一项大型复杂系统工程,必须科学、严谨地进行设计、开发(建设)、管理与控制,以期达到总体效果最优。

系统测试是对系统硬软件设计参数、指标、性能等内容进行综合、全面的检验,目的是检查系统运行的正确性和有效性,给出系统是否达到设计要求,能否进行试运行的结论^[1]。

为保证整个 ETC 系统的可靠运行,我们对整个系统的功能进行严格测试,测试方案包括:室内测试、现场测试、系统指标测试和软件测试等内容。

每一项测试在测试程序中都有描述。测试描述被划分为:

- 目的 描述测试所验证的功能;
- 环境 描述测试运行所需的环境;
- 必要条件 描述测试开始前所应满足的条件;
- 输入数据 描述系统的所有输入;
- 输出数据 描述当正确工作时系统所提供的输出;
- 测试程序 描述测试如何逐步进行。

1 模式比较

本研究分别对两种收费方式进行测试,即:组合式收费方式和主副卡式收费方式。分析比较这两种 ETC 方式的优缺点,以确定适合路网实际情况的方式^[2]。

1.1 组合式

组合式电子收费方案采用双片式 ETC 电子标签和双界面 CPU 卡。在设有 ETC 车道的收费站,用户可以将双界面 IC 卡插入双片式电子标签以免停车方式通过 ETC 专用车道;在交通量相对较小,仅设有人工收费车道的收费站,用户可以采用双界面 IC 卡以预付刷卡的方式通过普通人工收费车道。双界面 CPU 卡可以作为双片式电子标签的扩展存储器,从而在电子收费系统中作预付卡使用。用户既可以以记

账式的方式事后匹配扣款,也可以以储值卡(即电子钱包)的方式进行现场扣费交易。

1.2 主副卡式

业主或道路运营商在向公众发卡时将单片式电子标签与非接触式 IC 卡作为主副卡一起发行(主卡为单片式电子标签,副卡为非接触逻辑加密卡,两张卡对应同一个后台清分账号)。由于存在电子标签和 IC 卡两种支付介质,所以,不可能在电子标签或 IC 卡内存储资金数据,只能以记账卡的支付方式进行扣款^[3]。

当用户进入高速公路时,在入口处如果设有 ETC 专用车道,用户装有电子标签,可以通过 ETC 专用车道进入高速公路。如果入口处没有 ETC 专用车道,用户通过人工收费车道停车,把 IC 卡交给收费员,用读卡机读出 IC 卡信息,进入高速公路。系统通过网络把电子标签或 IC 卡的账号信息、入口编号、入口时间等信息传至中央计算机,进行后台扣款。

2 总体方案

在 ETC 车道上我们采用了某品牌 ETC 产品,它由以下几个部分组成:单车道天线、交易控制器和电子标签。

单车道天线在电子标签和交易控制器之间建立了一个通讯通道,使得交易控制器和电子标签这两者之间可以交换数据。

交易控制器是作为计算机和电子标签的接口。它支持微波频率为 5.8 Ghz 专用短程通讯标准。它和电子标签进行通讯,处理一系列完整的付款交易。

电子标签支持 5.8 Ghz 频段高速专用微波短程通信,通信距离远;支持 ISO TC204 或 CEN/TC278 等公布的 DSRC 技术标准;支持 ENV ISO 14906 电子收费应用接口规范;支持以 ISO7816-3 通讯协议对 IC 卡的接触式访问。内置蜂鸣器,进行电子交易时有声音提示功能。

数据安全和集成应用也可由现代的 DES 加密机制来处理。电子标签通常处于休眠状态,只有在收到

正确的调制信号后才进入激活状态。

交易控制器和计算机之间的通讯协议是标准的

TCP/IP 的 10 基带的以太网界面。

硬件系统组件连接图如图 1 所示：

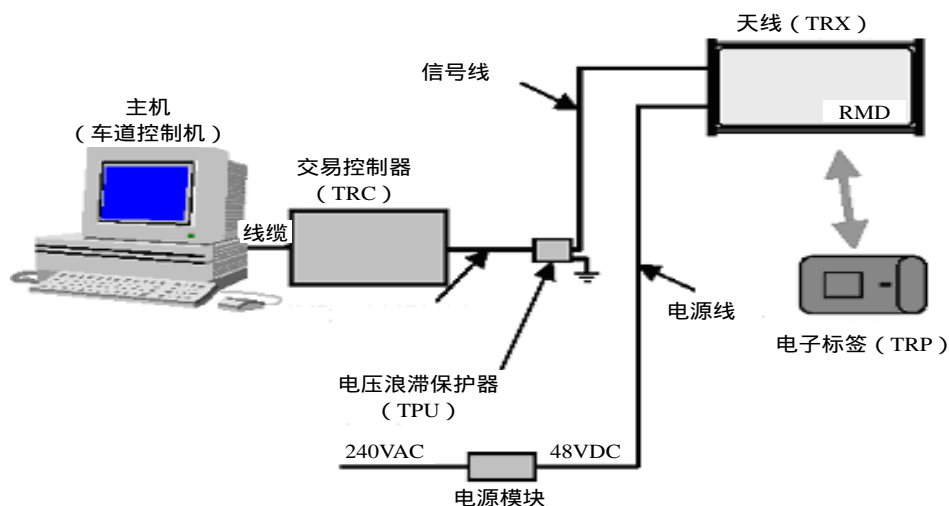


图 1 硬件系统组件结构

Fig.1 Structure of the hardware system

2.1 测试指标

测试 ETC 路边设备（天线和天线控制器、车道控制器）与其他车道辅助设备（光栅检测器、自动栏杆机、信号灯、信息显示牌、车道摄像机、报警器等）之间的协调配合。

道路现场测试的目的是根据验收流程图在系统现场运行后检验 ETC 系统的正确操作^[4]。

测试各子系统的协调工作，完成交易的全过程。测试多种速度下：15 km/h ~ 20 km/h 和 40 km/h（单辆车在较高速的情况），60 km/h 收费处理及系统响应速度。测试车辆各种行驶状态下的控制逻辑和车辆队列处理，包括：单一车辆扰动测试及多车扰动测试。扰动情况包括：车辆的各种排列，车辆前进、同进等。

2.2 测试准备工作

制定系统测试计划，明确测试的任务、条件、进度、约束等。

准备好测试场地、设备，进行软件安装和数据加载等工作。

设计测试用例。设计测试用例的原则是：通

过执行有限个测试用例，尽可能多地发现系统错误。测试用例应长期保留，供今后的维护使用。

2.3 测试内容

整个系统测试分为若干个组，每组有明确的测试内容、测试目的和测试要求，包括模块功能测试，分系统功能测试，接口测试，正确性测试，运行时间测试，设计约束测试和极限测试，系统安全保密测试及系统综合性能指标测试等。

2.4 测试分析与评价

根据测试计划，把每项测试得到的实际结果与要求进行比较，分析经测试已证实的系统能力及查出的缺陷，对被测系统的技术指标是否达到预定设计指标和系统能否交付试运行等作出评价结论，并对系统缺陷提出改进意见。

3 流程控制

3.1 测试组合式方式交易流程

组合式交易方式主要采用双界面 CPU 卡作为支付卡，以该卡上记录的入口信息、标志站信息作为收

费依据。

在人工收费入口车道通过读卡器刷卡，写入入口信息，在人工收费出口车道通过读卡器刷卡，如果是储值卡则卡中自动扣除金额，如果是记帐卡则形成消费记录。

在电子不停车收费入口车道处时，入口信息通过车道天线自动写入卡中，通过出口车道时，如果是储值卡，电子标签读写器可以借助车载电子标签远距离快速读写储值卡中的数据信息，自动扣除卡上金额；如果是计帐卡，电子标签读写器可以借助车载电子标签远距离快速读写计帐卡中的数据信息，形成消费记录，由后台完成扣款操作。

3.2 主副卡方式交易流程

主副卡交易方式中主卡为单片装电子标签，副卡为非接触式 IC 卡，两张卡一起使用，对应同一个后台清分账号。

当用户出入都经过设有 ETC 读写设备的车道时只要使用单片式电子标签进行交易缴费。

当车户在装有ETC读写设备的站点进入收费系统、又需要在只装有非接触式 IC 卡读写设备的中间小站匝道出去（或者反过来），则可以通过中心将所有的入口信息实时地下传到各个出口车道，以便对离开该收费系统的 ETC 车辆进行信息的实时匹配并扣款。

3.3 流程框图

对于组合式和主副卡式而言，ETC 入口车道控制流程基本相同。按照图 2 所示流程进行。

对于组合式和主副卡式而言，ETC 出口车道控制流程不尽相同，主要体现在扣款方式上，按照图 3 所示流程进行。

4 软件模块

4.1 车道测试程序

车道测试程序分为 ETC 入口车道控制模块、MTC 入口车道控制模块、ETC 出口车道控制模块以

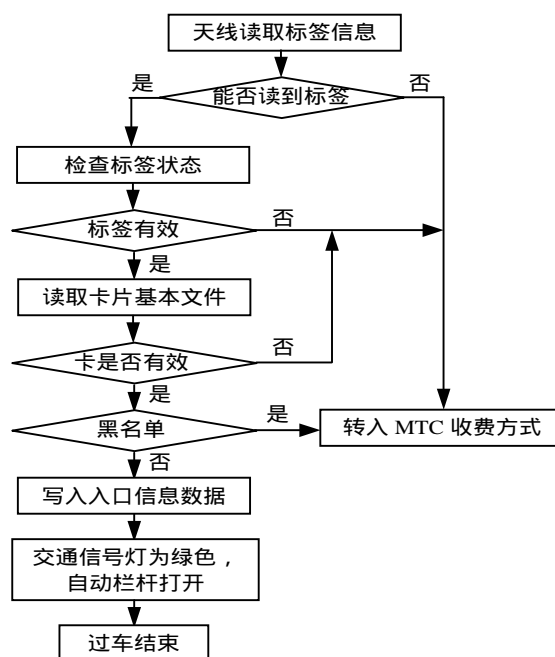


图 2 ETC 入口流程控制算法

Fig.2 Algorithm for ETC enter controlling

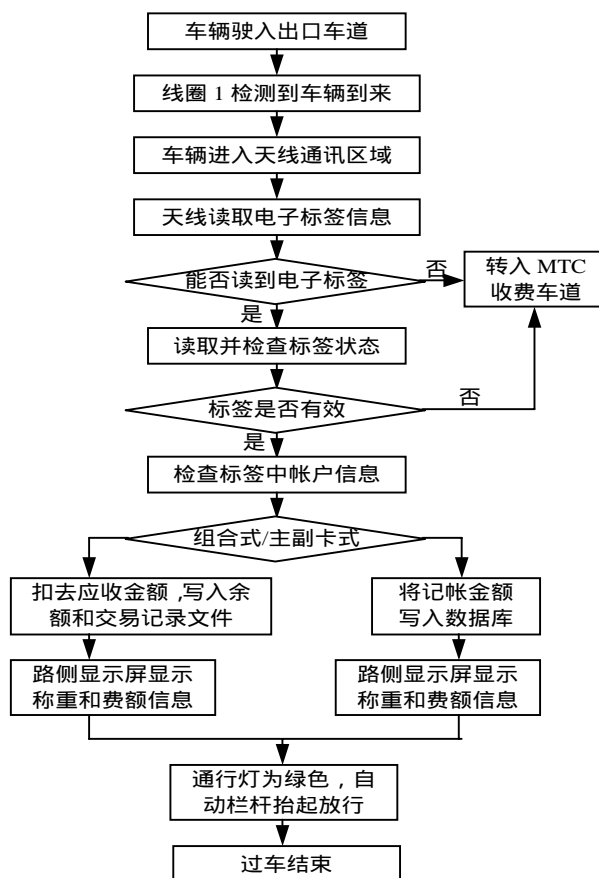


图 3 ETC 出口流程控制算法

Fig.3 Algorithm for ETC exit controlling

及 MTC 出口车道控制模块四部分，具体命名见表 1。

表 1 软件模块

Tab.1 Module of software

位 置	应用程序
MTC 入口车道	EntryMtc.exe
ETC 入口车道	EntryEtc.exe
MTC 出口车道	EcitMtc.exe
ETC 出口车道	EcitEtc.exe

入口车道测试程序

入口车道测试程序分为 MTC 入口模块和 ETC 入口模块两个部分。

MTC 入口模块主要功能为写入入口信息到 IC 卡中，并生成记录保存到入口车道数据库和入口流水数据库中。

ETC 入口模块主要功能为写入入口信息到电子标签中，并生成记录保存到入口车道数据库和入口流水数据库中。写入的入口信息包括：入口时间、入口站、车型、车牌、电子标签卡号等。

ETC 入口车道测试程序界面如图 4 所示。



图 4 ETC 入口车道测试程序界面

Fig.4 Testing program for ETC enter lane

出口车道测试程序

出口车道测试程序交易成功界面如图 5 所示。出口车道测试程序分为 MTC 出口模块和 ETC 出口模块两个部分。

MTC 出口模块主要功能为获取 IC 卡中的入口信息，如果没有读到信息，则判定为主副卡交易方式，从数据库中查询到入口信息。再根据费率表得到应交费用，并生成车道拆帐记录存到出口车道数据库和出口流水数据库中。



图 5 ETC 出口车道测试程序交易成功界面

Fig.5 Testing program for ETC exit lane

ETC 出口模块主要功能为获取电子标签的入口信息，如果没有读到信息，则判定为主副卡交易方式，那么就从数据库中查询到入口信息。再根据费率表得到应交费用，并生成车道拆帐记录存到出口车道数据库和出口流水数据库中。

4.2 数据传输测试程序

数据传输方法主要采用以下两种：车道和站之间的传输采用 DCOM 方式；站以上统一采用 IBM MQSeries 中间件。

测试的内容：根据系统的业务特性，测试传输的安全性、可靠性、稳定性、扩展性（如跨平台、增加传输表的数量等条件下）等。

数据传输主要由：RoadWaySvr.exe、StationSvr.exe、SendData.exe、RecvData.exe、IBM MQSeries 以及相关配置文件组成，它们都以 Service 的形式运行^[5]，数据传输测试程序应用模块见表 2。

表 2 数据传输测试程序应用模块

Tab.2 Modules of testing for the data transmission

位置	应用程序	数据库兼容性
车 道	RoadWaySvr.exe	SqlServer、Oracle
收费站	StationSvr.exe	SqlServer、Oracle
收费站	SendData.exe	SqlServer、Oracle
结算中心	RecvData.exe	SqlServer、Oracle

5 验证方案及结果

本次验证系统模拟选择了沪宁高速公路的主线收费站和锡澄高速公路的江阴北收费站这两个站点

作为出入口车道。每个站点都设置 ETC 车道和 MTC 车道，如图 6 所示。

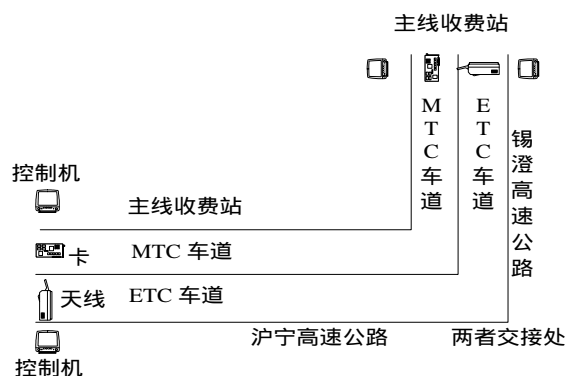


图 6 验证系统示意

Fig.6 Illustration for the confirmation system

组合式和主副卡式两种交易方式测试结果如下：

使用的硬件设备情况 电子标签通过单车道天线进行数据通讯的情况良好，读写电子标签时，数据无丢失现象；IC 卡通过读卡器进行数据读写时，数据交互情况良好；

采集的数据实时的存入后台的数据库中，出口交易完成后实时拆帐完毕，然后也存入后台的数据库中；数据正确，无丢失现象；

使用主副卡交易方式的优点 如果只采用

ETC 方式进行交易，则体现出单片式电子标签数据通讯速度快的特点；

使用主副卡交易方式的缺点 如果出入口时，一个采用 ETC，一个采用 MTC，则需要通过查询数据库得到入口信息，多了一道工序；

使用组合式交易方式的优点 无论出入口是 MTC 还是 ETC，只需要从卡上就可以得到所需要的数据和信息，不需要查询数据库；

使用组合式交易方式的缺点 如果采用 ETC 方式进行交易，则没有单片式电子标签数据通讯速度快，花费的交易时间长。

6 结束语

分别对组合式收费方式和主副卡式收费方式两种 ETC 收费方式进行测试。分析比较这两种 ETC 方式的优缺点，两种方式都是可行方案。但组合式方式对原有联网收费系统影响较小、投资较低，更加适合苏南路网实际情况，课题组建议采用组合式 ETC 收费模式。

下一步研究，主要在大范围联网收费环境下，测试组合式 ETC 方式的稳定性，为实施 ETC 联网收费提供技术储备。

参考文献

- [1] 东南大学教育部智能运输系统工程研究中心.江苏苏南高速公路 ETC 联网收费应用研究[R] [研究报告]. 南京：东南大学，2004.
- [2] 中华人民共和国交通部.高速公路联网收费暂行技术要求[S]. 北京：人民交通出版社，2000.
- [3] 陈爱英.长三角高速公路 ETC 联网收费结算体系研究[D]. [硕士学位论文]，南京：东南大学，2005.
- [4] 潘红.高速公路收费站 ETC 车道设置仿真研究[D]. [硕士学位论文]. 南京：东南大学，2005.
- [5] 刘斌，路小波，高朝晖.省域高速公路 ETC 联网收费结算体系研究. 交通运输工程与信息学报，2006，4(2): 27-32.