

# 物联网技术在 ETC 系统中的应用

侯丽虹 李卫东

(大连交通大学电气信息学院 大连 116028)

**摘要** 为了说明物联网对智能交通的发展产生了深远影响,主要介绍了物联网技术在电子不停车收费系统(ETC)中的应用。在阐述物联网的基本概念、结构和关键技术的基础上,详细分析了基于射频识别技术(RFID)而设计的电子不停车收费系统的优势、构成、工作原理及流程,并且针对系统存在的问题提出了改进措施。

**关键词** 物联网,电子不停车收费系统,射频识别,智能交通系统

中图法分类号 TP13 文献标识码 A

## Internet of Things Technology in Application of ETC System

HOU Li-hong LI Wei-dong

(School of Electronics and Information Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

**Abstract** To illustrate the Internet of things has a profound influence on the development of intelligent transportation, we mainly introduced the technology of the Internet of things in application electronic toll collection(ETC). The basic concepts, structure and key technologies of the Internet of things were explained. The composition, advantage, working principle and process of electronic toll collection system based on radio frequency identification(RFID) technology were analyzed. We put forward improvement measures for the problems existing in the system.

**Keywords** Internet of things, Electronic toll collection system, Radio frequency identification, Intelligent transportation system

## 1 引言

21 世纪是一个充满智慧的时代,人们的生活、工作和出行不断地追求高效率 and 高质量,因此智能交通的概念越来越被社会所接受,并且得到广泛的应用。物联网的出现为智能交通的发展拓宽了道路。智能交通系统(Intelligent Transportation System, ITS)是将先进的信息技术、数据通信技术、数据传输技术、物联网技术、计算机处理技术、电子控制技术以及人工智能技术等有效地综合运用于整个交通管理体系。基于互联网的物联网成为了近些年的热门话题,被认为是继互联网和移动通信之后,推动信息产业发展的第三次浪潮。

## 2 物联网技术概述

### 2.1 物联网的概念

物联网(Internet of Things, IOT)又叫做传感网络<sup>[1]</sup>,是指通过无线传感网络(WSN)、射频识别系统(RFID)、全球定位系统(GPS)、红外感应系统、激光扫描仪等信息传感设备,按照约定的协议,赋予物品智能<sup>[2,3]</sup>,使物品与人之间、物品与物品之间、人与人之间形成一个巨大的相互连接的分布式网络<sup>[4]</sup>,从而实现对物品的智能化识别、跟踪、定位、监控和管理<sup>[5,6]</sup>。

### 2.2 物联网的架构

典型的物联网系统由感知层、网络层、应用层 3 部分组成

成<sup>[7,8]</sup>。感知层是最底层,相当于人体的感官系统,实现对信息的识别、采集和转化,最终将物理信号转变为电信号。网络层是中间层,是连接物品与计算机网络的通道,负责将感知层采集的信息传输到计算中心,并将计算机发出的命令传递给物品。应用层是最上层,相当于人体的大脑,根据实际应用完成对信息的分析、处理和决策,是物联网的核心商业价值所在,也就是说物联网的感知层和网络层都是为应用层服务的。

### 2.3 物联网的关键技术

物联网由三层体系结构组成,每一层都有相应的技术作为支撑。感知层要对信息进行识别和判断,就需要用到图像处理技术(包括语音识别、指纹识别、人脸识别、虹膜识别等)。准确识别之后,对数据进行采集和转化,通过射频识别技术(RFID)来阅读电子标签<sup>[9]</sup>。信息是通过电磁波进行传输的,电磁波有不同的频率和速率,通信的距离和所需功耗也不同。网络层的主要信息的传播渠道有:3G、Wifi、全球定位系统(GPS)、超声波、蓝牙、红外线等<sup>[10]</sup>。应用层是物联网和用户联系的纽带,常用的编程语言有 C、C++、Java、PHP 等。

### 2.4 物联网的应用

物联网具有网络化和智能化的特点,集合多领域、多学科优势,被广泛应用于智能物流、智能交通、智能电网、绿色建筑、环境监测等各行各业。物联网技术已经逐渐成为企业提高物流管理水平,降低成本,增强核心竞争力不可缺少的技术工具和手段。物联网充分发挥了互联网和无线射频识别技术

侯丽虹(1990—),女,硕士,主要研究方向为铁路信息与智能控制技术,E-mail:houlirongxsx@163.com;李卫东 男,教授,主要研究方向为铁路信息与通信智能化技术、复杂系统分析与控制等,E-mail:li@djtu.edu.cn。

(RFID)的作用,并且具有远距离识别、存储信息量大、读取速度快等特点,非常适合在智能交通系统(ITS)中使用。

随着物联网的日益发展和完善,其在智能交通(ITS)中的应用也更加广泛。物联网技术可以合理地分配道路资源,缓解交通拥堵,为驾驶员提供实时的交通路况信息,提高出行的安全性,因此,对物联网技术的研究具有重要价值。ITS非常庞大,主要包括先进交通信息服务系统(ATIS)、先进交通管理系统(ATMS)、先进公共交通系统(APTS)、车辆控制系统(AVCS)、货运管理系统、不停车收费系统(ETC)、紧急救援系统(EMS)等<sup>[11]</sup>,其中ETC系统不仅是ITS的核心组成部分,也是目前国内外研究的热点领域。ETC系统与传统的收费系统(MTC)相比,最大特点是车辆经过收费站时不用停车即可完成通行费用的扣除,提高了高速公路收费处的通行效率,减少了基础设施建设的投入,降低了日常运营的成本,并且促使公路收费走向无纸化、无现金化管理,解决了公路收费中的财务管理混乱问题。

### 3 ETC系统

#### 3.1 ETC系统的简介

电子不停车收费系统(Electronic Toll Collection, ETC)是目前世界上最先进的路桥收费方式<sup>[12]</sup>。安装在车辆挡风玻璃上的车载单元(On-Board Unit, OBU)通过微波专用短程通讯技术(Dedicated Short Range Communication, DSRC)与路侧单元(Road-Side Unit, RSU)进行信息传输,借助射频技术、传感技术、图像识别技术、通信和网络技术等设备识别车辆信息,利用计算机联网技术与银行进行后台结算处理,从而使车辆在经过收费站时以正常速度行驶无须停车即可自动收取道路通行费用<sup>[13-15]</sup>,降低了高速公路上由于停车收费和找零而发生交通拥堵的概率。ETC车道控制系统如图1所示,ETC车道控制系统的主要功能有:车辆自动识别(AVI)、自动车型分类(AVC)和图像稽查(VES)。

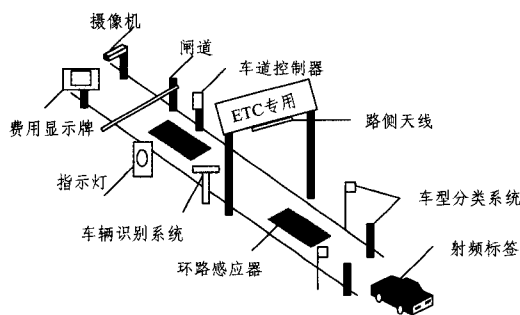


图1 ETC车道控制系统

##### (1) 车辆自动识别技术

车辆自动识别技术是ETC系统的基础,主要功能是识别用户身份并判断其有效性,即车辆通过收费站时可以不依靠人工而自动识别该车的身份,车辆的身份信息包括车牌号码、车型、车主资料等<sup>[16]</sup>。车辆自动识别系统由车载单元(OBU)、路侧单元(RSU)、环路感应器和数据处理单元(DPU)4部分构成<sup>[17-20]</sup>。OBU附属在车辆上,可以看作车辆的“身份证”;RSU用来接收OBU发出的信息,供进一步计算使用;环路感应器安装在车道地面下;DPU负责对比RSU中存储的信息和计算机数据库中的信息,并对数据进行处理。

##### (2) 自动车型分类技术

自动车型分类技术(AVC)依靠传感器和计算机软件提供的信息判断车辆的类型和收费类别。首先车道传感器对车辆的物理特征进行测量,其次处理器将采集到的各种信息进行汇总,最后计算机软件对数据进行分析,确定车辆类型并实施收费。判断车辆类别有两种方法,一是直接从射频标签中读取车辆信息,二是通过车道传感器采集的信息进行综合评判。

##### (3) 图像稽查系统

图像稽查系统(VES)可以通过数字取像、照相、录像的方式自动获取违章车辆的车牌号码、车辆信息等资料并保存至档案服务器,同时上传给处理系统,系统视具体情况计算车主应缴纳的违章费用,当车主通过顾客服务中心完成相应处理程序后,再将违规者资料清除。该系统可以有效防止车主违规驾驶,并且为依法治理违规行为提供有力的证据。

#### 3.2 ETC系统的特点及优势

随着高速公路建设的快速发展、高速公路通行量的增加,对高速公路收费系统的技术要求也在不断提高,传统的人工收费模式(MTC)也越来越不适应交通发展的需求。当高速公路的车流处于通行高峰期时,收费站的工作量会随之增加,经常出现交通拥堵现象,显然人工现金收费模式(MTC)不利于高速公路的良好经营管理。电子不停车收费模式(ETC)的快速性和便捷性日益突显出来,越来越多地受到政府和高速公路管理者的重视,与传统的MTC收费方式相比,ETC收费方式的优越性主要体现在4个方面。

(1) 收费效率高,提高公路通行能力。ETC系统的收费效率很高,保证了高速公路的正常通行,使其所具有的“陆上航道”优势得以充分发挥,将高速公路的运输效益、服务水平和快捷形象带到一个新的高度;同时“无需停车缴费、快速通行”的车辆交易处理方式,降低了车辆因在收费站前怠速停留而发生交通事故的几率,也避免了由于车辆排队等候引起的交通阻塞的发生,减少了行车延误。

(2) 无须现金交易,安全可靠。ETC免除了现金交易,避免用户因携带大量的现金、零钞而产生的不便,方便车主出行并节省了驾驶员大量的时间。与停车收费相比,ETC更符合公路电子收费的发展趋势,推动了公路收费向电子化迈进。采用的微波通信协议和CPU卡等均通过了国家安全交易的认证,可以有效保证交易数据的高度安全性。电子标签具有存储容量大,存储记录不受外界干扰的特点,可实现一卡多用<sup>[21]</sup>。卡内有密码运算和双向密码鉴别的专用算法,数据安全性 and 保密性好,且响应速度快,环境适应性好。

(3) 提高营运效益,降低投资风险。在工作过程中无人值守,更无须人工干预,最大限度地减少了营运成本;有效地避免了通行费错收、漏收、误收现象的产生,简化了收费管理的程序,提高了车辆经营管理的效益;由于通行能力大幅度地提高,使路网收费站的建设更趋完善、合理;与此同时,收费站的规模相应缩小,间接地节约了收费站的基建和管理费用,有效提高了公路交通设施的资金回收能力<sup>[22]</sup>。

(4) 节约能源,适用范围广。ETC系统与停车收费系统相比,节约了车辆停车等候的时间,减少了车辆的加、减速次数,降低了车辆燃油消耗量,大大减少了用户的出行成本。由

于整个交易过程无须停车,有利于降低收费出入口的噪声水平和废气排放。ETC系统不仅适用于高速公路收费系统,还适用于加油站、停车场等交通管理一体化服务,应用前景广阔。构建的ETC网络还可以用于交通信息采集,方便快速掌握公路的车流随机信息,有利于交通管理部门进行交通疏导和调度管理,也可为新建公路提供科学依据。

### 3.3 ETC系统的构成

完整的ETC系统由车载设备(OBE)、路侧设备(RSE)和专用短程通信协议(DSRC)组成。车载单元是OBE的主要通信模块,用来完成与RSE中路侧单元的信息交换,DSRC的作用就是为OBE和OBU提供通道完成信息的传输。其中OBU和RSU关系到车辆识别和分类的可靠度。ETC系统结构如图2所示。

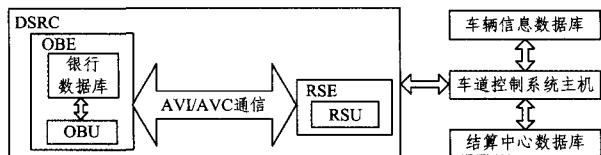


图2 ETC系统结构

系统的核心部件有射频标签、读写器、车道控制器、闸道、道路监控摄像机、车辆分离器、费用显示牌、报警灯等,其中最重要的是射频标签和读写器。OBU是一种安装在车辆挡风玻璃上的射频标签,允许车辆在高速行驶状态下与车道旁的阅读器进行双向通信。RSU一般为读写设备具有读取、显示和处理数据等功能。低频读写器可以用于汽车防盗、门禁考勤和动物识别方面,高频读写器主要用于电子车票、物流管理和我国第二代身份证,为了满足较长的读写距离和读取速度,ETC系统采用的是微波读写器。

### 3.4 ETC系统的工作原理及流程

ETC电子收费系统由收费车道系统、收费结算中心和收费站管理系统3级构成,它使高速公路对外界呈现封闭状态。通过车道两侧的读写设备,识别车辆上装载的射频标签,判断车型,计算通行费用,并自动从车主的银行账户中扣除。对ETC车道上违章或者未安装射频标签的车辆,实施图像抓拍措施,并交予交警部门进行处理。我国ETC系统使用的是5.8GHz的微波频率<sup>[23]</sup>,并且在较长的时间内,采用ETC和MTC共存的收费方式。具体流程如图3所示。

(1)当车辆进入收费车道入口读写器工作区域时,射频标签接收到读写器发送的微波信号产生感应电流,从而获得能量开始工作。

(2)电子信息以微波的方式通过射频天线发送出去,读写器接收到调制信号,经解调和解码之后,将有效信息送给主机作相关处理。

(3)主机根据逻辑运算确认射频标签的身份,最终对阅读器发出控制信号,储存车辆的进入信息,车辆闸道打开,指示灯为绿色,允许车辆通过。

(4)当车辆经过收费车道出口读写器工作区域,读写器再次确认车辆的详细信息和进入时间,确认无误后,计算通行费用,显示交易金额,车道控制器将原始数据传送给收费结算中心和收费站。

(5)如果车辆没有安装射频标签或装有无效标签,读写器

经确认后,指示灯发出警报,迅速关闭道闸,禁止车辆通过,同时摄像机会录下车牌的车牌号。

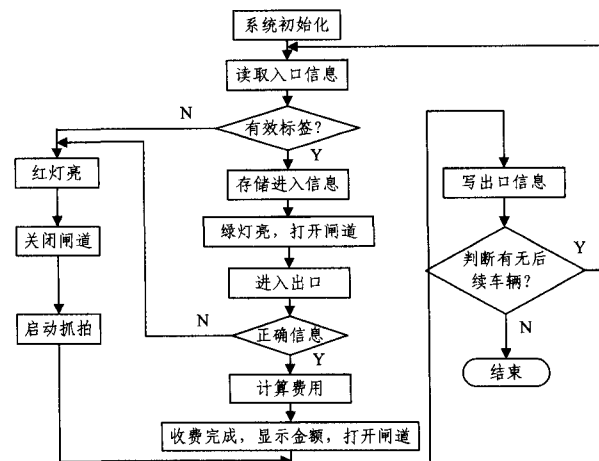


图3 ETC系统工作流程

### 3.5 ETC系统存在的问题及改进措施

在ETC系统应用的过程中,通过系统集成商及设备提供商的不断努力,ETC系统逐步得到完善,ETC车道过车成功率也不断提高,提升了收费站的通行能力。但是由于驾驶人员的接受水平不同,关键技术发展得不平衡,导致实际应用中的ETC系统还存在很多问题,这些问题不仅要依靠软硬件设备的改进来解决,还需要辅之以管理手段共同解决,才能最终达到可靠、安全、用户友好的服务需求。

#### (1)兼容性

ETC设备的兼容是实现ETC系统联网收费应用的必备基础。我国ETC的应用有以下的特殊性:我国的ETC系统应用研究起步较晚,使用的ETC设备主要来自国外厂商,设计标准不同,兼容性差;我国道路收费系统的投资主体繁多,而且大都各自为政,缺乏统一的协调与管理;我国目前尚未制定有关专用短程通信协议(DSRC)以及ETC应用的国家标准<sup>[24]</sup>。所有这些因素都给大规模的ETC联网应用造成了一定的障碍,为了实现各个收费系统可以跨区域大范围联网,做到一卡通行某地区、省或全国,加入ETC联网收费系统的运营商之间需要遵循一个共同的、足以保证ETC设备之间兼容互换的技术规范。交通管理部门应该从ETC厂商和用户利益的角度出发,制定符合我国国情的ETC设备使用标准,要求ETC设备投入使用之前必须经过相应的互通性和兼容性测试,并且做好宣传工作,使经营者和使用者对ETC系统有统一的认识<sup>[25]</sup>。

#### (2)跟车干扰

跟车干扰有两种情况,第一种情况是前后有两辆车陆陆续续经过ETC车道,如果天线检测到的OBU为后车的,按正常流程消费处理,将造成未缴费的前车正常放行,已扣款的后车无法通过;第二种情况是前后有两车进入了ETC车道天线的识别区域,RSU与前车发生了交易,紧随其后的车辆在没有交易的状态下,也尾随其后通过了ETC车道<sup>[26]</sup>。跟车干扰在出口会造成高速公路通行费的流失,在入口则会造成合法车辆无法查找到进入信息,无法进行正常缴费从而引发收费纠纷。目前对跟车干扰的主要处理手段有:统一电子标签的灵敏度、规范电子标签的安装位置、增加RSU正确发生交易的

概率;增设 ETC 车道诱导标志,告诫安装了电子标签的车主,尽量和前车保持一定距离通过 ETC 车道;采用高速栏杆机,尽量缩短 ETC 天线识别时间,提高车辆的分离速度;采用双向通信区域切换的工作模式,减小通信区域的工作范围,防止同一个通讯区域出现两辆车<sup>[27]</sup>。

### (3)邻道干扰

ETC 系统易受到很多因素的干扰,如相邻不同车道并行车辆引起的同频干扰、车道间的同频干扰以及车辆内移动的无线电设施干扰、其他无线电设备对本系统的干扰等,这些因素都将严重影响着 ETC 系统的稳定性<sup>[28]</sup>。当收费站部署多条 ETC 车道或携带电子标签的车辆通行 ETC 车道邻近的 MTC 车道时,由于天线的覆盖区域重叠、射频信号反射等因素,本车道的 RSU 可能会接收到邻近车道车辆的信号,造成邻道干扰问题,容易引发不必要的纠纷和投诉,给高速公路的运营管理带来麻烦。在具体的实施中,主要靠控制 RSU 的有效交易范围、明确交易区域边界和提高双向通信接收机的灵敏度、采用信道隔离技术两种方法解决邻道干扰问题,维持系统的稳定性。

### (4)ETC 系统的维护

ETC 系统为整个收费流程提供自动化服务,但它对通讯系统和电力系统的依赖性较大,使得 ETC 系统的运行不够稳定,并且建立 ETC 系统的初期需要投入大量成本,因此做好系统的维护工作非常重要。软件是系统正常运行的关键,必须定时检测系统的工作状况,防止黑客对软件进行攻击,及时升级系统模块的功能,修复系统的漏洞。保障 ETC 车道的畅通,必须要有硬件设备的支持,电子标签读写天线、车道控制器、车辆检测器、工控机等系统设备需要进行日常的维护,发现问题时,要及时请专业人员修理。开发系统的脱机工作功能,当车道系统与收费站的通信出现异常时,ETC 系统可以独立完成收费处理操作,网络恢复正常后再将交易记录上传到收费站。

**结束语** 物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。以 RFID 技术为基础的 ETC 系统通过采集和有效地利用车辆信息,从根本上实现了对交通系统的实时、准确和智能化管理。物联网技术与智能交通领域的结合,充分发挥了道路基础设施的作用,使人们的出行体验得到了优化,环保、便捷、安全、高效的智能交通是代表了未来交通运输业发展的趋势。

## 参考文献

[1] Yang Liu, Boon-Chong Seet, Adnan Al-Anbuky. An Ontology-Based Context Model for Wireless Sensor Network (WSN) Management in the Internet of Things [J]. Journal of Sensor and Actuator Networks, 2013, 2: 653-674

[2] 谢辉,董德存,欧东秀. 基于物联网的新一代智能交通[J]. 交通科技与经济, 2011, 13(1): 33-36

[3] 伊新,宋长亮. RFID 在智能交通物联网系统中的应用[J]. 电气传动自动化, 2013, 35(6): 37-39

[4] Shyam Sundar Prasad, Chanakya Kumar. A Green and Reliable

Internet of Things [J]. Communications and Network, 2013, 5: 44-48

[5] 张为. 基于物联网相关技术的智能交通控制系统设计[J]. 电脑知识与技术, 2011, 7(10): 2375-2376

[6] 张青焱. 物联网技术在智能交通中的应用[D]. 北京:北京邮电大学, 2011

[7] 徐尉. 基于物联网的智能节能与智能交通关键技术的研究与应用[D]. 南京:南京邮电大学, 2013

[8] Gigli M, Koo S. Internet of Things: Services and Applications Categorization [J]. Advances in Internet of Things, 2011, 1: 27-31

[9] Skarzauskiene A, Kalinauskas M. The Future Potential of Internet of Things[J]. Social Technologies, 2012, 2(1): 102-113

[10] Nagaraj U, Pawar Y. Intelligent Public Transport System with Information Forensics and Security[J]. International Journal of Computer Science Communication Networks, 2011, 1(1): 6-8

[11] 陶华. ETC 电子不停车收费系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学, 2011

[12] 曹成涛. 基于双区域通信的 ETC 与 MTC 组合收费系统设计[J]. 物流科技, 2012, 8: 10-14

[13] 黄道雪,牛鸿强. 电子收费系统 ETC[J]. 青年科学, 2010, 5: 65-65

[14] 孟一方,唯雪亮. 浅谈高速公路 ETC 电子收费系统的技术应用[J]. 科技风, 2012, 7: 78-78

[15] 付铮. 基于 RFID 技术的高速公路电子不停车收费系统分析与设计[D]. 北京:北京邮电大学, 2010

[16] 韩凯旋. 基于 RFID 的 ETC 收费系统研究[D]. 西安:长安大学, 2013

[17] 叶颖. 基于 ETC 的高速公路收费结算系统的设计[D]. 杭州:浙江工业大学, 2011

[18] 许菲,李新友. ETC 系统中车载单元的研究与设计[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2011, 5: 1049-1052

[19] Aruna M, Dhivya R, Rani D M, et al. Electronic Toll Collect System Using Radio Frequency Technology [J]. International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2013, 2(3): 226-229

[20] 葛磊. 高速公路不停车收费系统的射频研究[D]. 上海:华东师范大学, 2010

[21] 王奇. 电子不停车收费系统浅析[J]. 信息科技, 2011, 3: 76-76

[22] 兰艺. 高速公路 ETC 不停车收费技术探讨[J]. 科技与创新, 2014, 14: 46-49

[23] 甘琴瑜,陈玉峰. 射频识别技术应用在智能交通物联网中的研究[J]. 机械管理开发, 2013, 3: 24-27

[24] 薛亮. 高速公路电子收费系统研究[D]. 南京:南京林业大学, 2004

[25] 王利杰. 高速公路 ETC 社会经济效益评价研究[D]. 南京:东南大学, 2005

[26] 颜桐,吴京蓬,段作义. ETC 发展现状及存在的问题[J]. 中国电子商情(RFID 技术与应用), 2009, 5: 38-40

[27] 王胜华. 高速公路电子不停车收费系统的分析与设计[D]. 昆明:云南大学, 2012

[28] 李远. 电子不停车收费系统(ETC)的研究设计[D]. 太原:太原理工大学, 2013