

文章编号: 1002-0268 (2001) 03-0071-04

ETC 技术及其发展

陈红华, 李 洁, 王文骐

(上海大学, 上海 200072)

摘要: 阐述作为智能交通系统重要组成部分的电子收费系统 (Electronic Toll Collect, 简称 ETC, 下同) 的工作原理、发展状况及趋势, 分析影响 ETC 系统性能的主要因素, 介绍一种最新 ETC 系统的结构原理, 提出我国必须不失时机地研发具有自主知识产权的 ETC 系统及其相关设备的重要性。

关键词: 电子收费系统 (ETC); 智能交通系统 (ITS); 射频识别技术 (RFID)

中图分类号: U495

文献标识码: A

The Technology and Development of ETC

CHEN Hong-hua, LI Jie, WANG Wen-qi

(Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: This paper describes the principle and development of the ETC (Electronic Toll Collect), analyzes the factors that affecting the performance of ETC. And introduces a newly developed ETC system, indicates the importance of development of ETC with knowledge property right.

Key words: Electronic toll collect; Intelligent transportation system; Radio frequency identification

作为当今世界研发热点的智能交通系统 (简称 ITS) 重要组成部分的 ETC 技术是解决收费道路上交通拥挤、堵塞和其它弊端, 提高现有道路运行安全和效率的重要手段, 也是日益增长的环保需要。目前, 世界各地都在大量修建高等级收费公路, 到 2000 年底我国高等级收费公路达 10 000km。事实证明, 单纯依靠扩大道路基础设施的方法, 不仅需要大量的人力、物力和资源, 而且收效有限, 满足不了日益增长的交通需求, 且对环保造成很大压力。若采用 ETC 系统可使现有收费道路通行能力提高 4~5 倍, 这样可节省大量的人力、物力和财力。据统计我国仅广州地区每年由此可节省的停车等待交费所损失的汽油费就超亿元。目前, 我国 ITS 协调领导小组已成立, 科技部将把 ITS 列为十五计划中的一个重大课题, 制定 ITS 的发展框架, 其中 ETC 是重要内容之一, 也是目前最紧迫的任务之一。

1 ETC 技术发展

ETC 技术在 80 年代开始兴起, 90 年代在世界各地使用, 受到各国政府和企业的广泛重视, 世界许多著名公司, 如 Amtech、TI、Boash、Hitachi、Toyota 等均竞相研制。因此 ETC 技术发展很快, 其主要经历以下 3 个发展阶段:

1. 磁卡收费。主要在 ETC 发展初期使用。但由于其投资大, 存储容量小, 寿命短, 保密性差, 对环境要求苛刻, 防潮、防污、防振、抗静电能力差, 而没有得到很好应用。

2. 接触式 IC 卡收费。IC 卡因其存储容量大, 保密性好, 抗电磁干扰强, 投资和维护费用少, 易实现智能功能而取代磁卡收费。但由于需要接触操作、易磨损、易受污、安全可靠性能欠佳, 从而使使用受到限制, 主要应用于公共交通收费等半人工收费系统。

收稿日期: 2000-07-24

基金项目: 上海市科技发展基金资助项目 (995114021)

作者简介: 陈红华 (1973-), 男, 江西南昌人, 硕士研究生。

3. 非接触式 ID 卡收费。它是在 IC 卡基础上, 利用现代射频识别技术而发展起来的新一代收费系统。最大特点是免接触, 使得保密、安全性进一步提高, 而且没有接触磨损, 寿命长, 抗恶劣环境性能好, 适合于 ETC 系统的野外、全天候工作。一般工作在微波波段, 识别距离长, 读写数据率高, 适合于对高速运动的物体进行识别, 真正实现不停车收费, 是 ETC 系统发展的方向。目前各大公司正致力于微波非接触式 ID 卡收费系统的开发研制。

2 ETC 系统组成及工作原理

ETC 系统是通过安装于车辆上的车载装置和安装在收费站车道上的天线之间进行无线通信和信息交换。主要由车辆自动识别系统、中心管理系统和其他辅助设施等组成。其中, 车辆自动识别系统有车载单元 (On board unit, OBU) 又称应答器 (Transponder) 或电子标签 (Tag)、路边单元 (Road side unit, RSU)、环路感应器等组成。OBU 中存有车辆的识别信息, 一般安装于车辆前面的挡风玻璃上, RSU 安装于收费站旁边, 环路感应器安装于车道地面下。中心管理系统有大型的数据库, 存储大量注册车辆和用户的信息。当车辆通过收费站口时, 环路感应器感知车辆, RSU 发出询问信号, OBU 作出响应, 并进行双向通信和数据交换; 中心管理系统获取车辆识别信息, 如汽车 ID 号、车型等信息和数据库中相应信息进行比较判断, 根据不同情况来控制管理系统产生不同的动作, 如计算机收费管理系统从该车的预付款项帐户中扣除此次应交的过路费, 或送出指令给其它辅助设施工作。其它辅助设施如: 违章车辆摄像系统, 自动控制栏杆或其它障碍, 交通显示设备 (红, 黄, 绿灯等设备) 指示车辆行驶。

2.1 车辆自动识别技术

ETC 系统中车辆自动识别技术是最重要的技术, 它直接影响到系统的性能和应用推广, 也是区别不同的 ETC 系统的主要标志。目前, 采用的识别技术主要有: 1. 红外线扫描识别技术; 2. CCD 摄像识别技术; 3. 激光扫描识别技术; 4. IC 卡识别技术等。但由于交通运输本身特点要求有一种能够在全天候、恶劣环境下应用, 远距离作用 (10m 左右), 安全可靠, 高速, 寿命长的系统。上述这些系统由于本身缺陷都不能全面满足以上要求, 而得不到有效的推广应用。微波非接触式 ID 卡识别技术就是适应这一需要而发展起来的。由于微波透入性强, 可以穿透浓雾、雨滴、风沙等, 工作距离远, 适合于车辆全

天候、恶劣环境条件下工作, 它具有工作距离远、体积小, 既可以有源发射方式 (寿命可达 10 年以上) 也可以无源反射方式 (无寿命限制) 工作, 既可以主动式, 也可以被动式工作, 车辆以 50~120km/h 的正常速度通过收费站等特点。工作波段主要有 900MHz、2.45GHz 和 5.8GHz 频段。它的工作原理如图 1 所示。

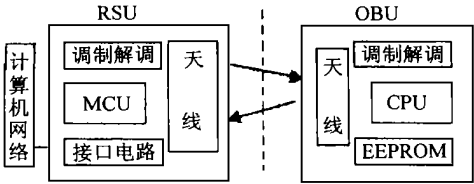


图 1 微波非接触式车辆自动识别系统工作原理

微波非接触式 ID 卡 (即 OBU) 接收 RSU 发出的询问信号, 经数据解调送控制单元进行处理, 通过身份确认, 密码验证后, 控制单元对 EEPROM 进行数据读写操作并经编码, 加密后, 再经调制, 送天线发射出去。处理控制单元主要用于密码校验, 编程模式检查, 数据加密解密, 并控制对 EEPROM 的读写操作。EEPROM 中存有车辆的 ID 号、车牌号、车型、司机等相关信息。RSU 根据接收到的 ID 号等信息, 而作出相应的操作, 从而达到对车辆的识别。

2.2 OBU 与 RSU 间的通信

ETC 系统中, OBU 与 RSU 之间采用专用短程通信标准协议 (DSRC) 进行半双工通信, 由于 900MHz 和 2.45GHz 波段靠近移动通信波段且背景噪声干扰较大, 国际上正趋于将 5.8GHz 的系统作为标准 ETC 系统使用。如美国采用 900MHz 或 5.8GHz, 日本和欧洲均规定 5.8GHz 作为 ETC 的频段。我国 ISO/TC204 技术委员会已提出将 5.8GHz 频段分配给 ITS 领域的短程通信, 包括 ETC 系统, 并批准在 5.8GHz 频段上进行 ETC 系统的试验, 通信距离为 10m。采用 5.8GHz 微波波段与我国 ISM 工业用波段一致, 不受移动通信影响。目前国内使用的 ETC 系统频段多为 900MHz 和 2.5GHz 频段。对于 5.8GHz 系统, 国内还没有开发出相应系统。

我国标准靠欧洲标准, 目前只定义了物理层和数据链路层, 其它层还有待进一步完善。

1. 物理层

- 频段 5.8GHz
- 调制方式 上行 BPSK, 下行 ASK
- 输出功率 300mW
- 工作距离 10m
- 传输速率 上行 250kbit/s, 下行 500kbit/s
- 数据编码方式 NRZI

主被动方式 被动方式

2. 数据链路层

采用 HDLC 协议进行通信。

3 一种实用的 5.8GHzETC 系统

欧洲最新开发了一种 5.8GHzETC 系统,介绍如下。

3.1 OBU 及 RSU 的物理结构

OBU 亦即射频识别应答器,包括射频探测器、

电源控制电路、调制解调电路、CPU 及读/写数据存储单元、射频输出级及发射天线等。由于成本和尺寸限制,应答器一般做得很小(10×6×1cm),应答器前端大多采用微带天线和微带电路进行调制解调,后接数字电路,如脉码发生器。工作方式采用被动方式,即无射频源方式,省去高昂的微波本振源,其射频源直接来自于路边天线发射的连续波。OBU 的结构和相应 RSU 接收框图如图 2。

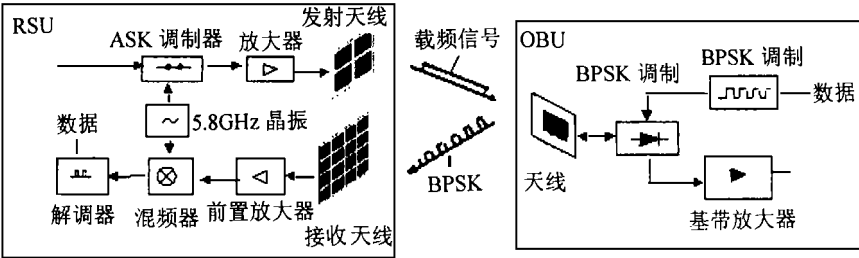


图 2 OBU 和 RSU 结构及上行通信链路

3.2 通信链路

通信链路负责在收费系统与发行系统之间、在各站口的收费系统之间传输数据。OBU 与 RSU 间的通信分下行链路和上行链路。

下行链路(由 RSU 到 OBU):采用 ASK 调制, NRZI 编码方式,数据通信速率 500kbit/s,RSU 天线

E. I R. P. 约+33dBm。
上行链路(OBU 到 RSU):RSU 的天线不断向应答器发射 5.8GHz 连续波,其中一部分作为应答器的载波,将数据进行 BPSK 调制后又反射回 RSU。上行数据本身也是 BPSK 调制,载频为 2~10MHz。
上下行链路如图 3 所示。

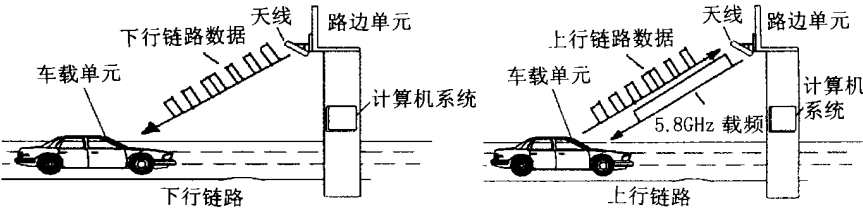


图 3 上下行链路

3.3 逻辑链路层

路边收费站与管理中心通过局域网连接起来,采用 HDLC 协议。采用非平衡结构,以管理中心为主站,各收费站为从站。如图 4 所示。

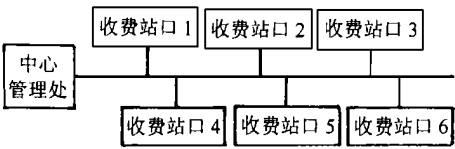


图 4 逻辑链路层网络结构

其帧格式如下:

Flag	Address	MAC	IPDUC	CRC-16	Flag
------	---------	-----	-------	--------	------

其中,Flag——帧起始标志位。

Address——访问地址,可以是站也可以是主站。

4 影响系统性能的因素和安全性问题

影响 ETC 系统性能主要因素有:天线的方向性、增益,同频干扰,传输的误码率,数据的安全性。研

究新的方向性好、增益高、隔离度高的微带天线阵单元和高灵敏度、高增益的路边天线是提高系统性能的主要方法。路边天线可采用性能好的相控天线阵。同时一般将其安装在车道正上方，这样对应答器的定位性能最好，为了防止相邻车道间的同频干扰可以在每一车道上安装一天线，同时给每车道进行编码，以区分不同车道上的车辆。可以对数据进行编码和加密，如对数据进行 DES 加密，目前有很多对于这方面加密算法的研究，应答器和系统间通过密码进行多次相互确认，以提高系统的安全性，但要注意系统响应时间，因为这直接影响到车辆通过收费站的速度。

5 结论

当今，ETC 技术正受到各发达国家的高度重视，但还没有统一的国际标准，而国内外 5.8GHz 商用系统都在研制和试验阶段，我国完全可以利用这个机会发展自己的 ETC 系统。而且我国幅员辽阔，高速公路等收费公路总里程数及其发展速度都名列世界前茅，ETC 系统具有广阔的市场前景，如果我们没有自己的 ETC 系统，一味引进别国的 ETC 系统，不但会

把国内的巨大市场拱手让给国外公司。更为严重的是，由于我国公路建设条块分割，外国的系统采用不同的标准，这将使我国的 ETC 系统很难进行全国联网，也就使“一卡走遍天下”成为空话，对我国“金卡”工程和我国公路运输现代化建设都是严重的阻碍。为此我国必须不失时机研究开发出具有自主知识产权的 ETC 系统和相关设备。

参考文献:

- [1] Eng Chuan Low, et al. A Plastic Package GaAs MESFET 5.8GHz Receiver Front-End with On-Chip Matching for ETC System. IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 2000, 48 (2): 202-211.
- [2] Carl W Pobanz, Tatsuo Itoh. A Microwave Noncontact Identification Transponder Using Subharmonic Interrogation. IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 1995, 43 (7): 1673-1679.
- [3] G Villino, et al. Integrated 5.8GHz Phased array Antenna for Electronic Toll Collection. IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, 1998: 1215-1218.
- [4] Just D Buchs, et al. Access Control System Based on the Emerging European Standard for 5.8GHz Short Range Communication. 1996 IEEE 46th Vehicular Technology Conference—Mobile Technology for the Human Race Digest, Atlanta, Georgia, USA, 1996: 1805-1809.

(上接第 66 页)

$Y_j = \sum_i x_{ij} \quad i \neq j \quad (i=j \text{ 即是车辆调头的情况, 这里不予考虑}).$

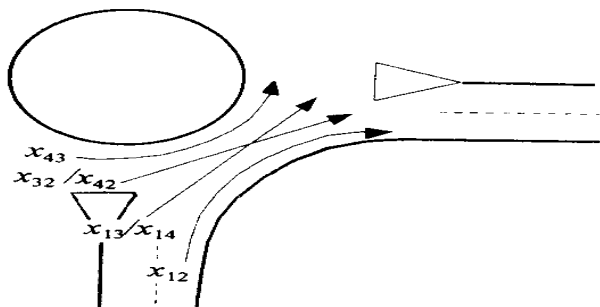


图 5 环形交叉口疏导交通流演绎图

基于以上分析，整个环形交叉口的通行能力可以数学描述为 (9) 式。

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 = x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{12} + x_{32} + x_{42} + x_{13} + x_{23} + x_{43} + x_{14} + x_{24} + x_{34} \quad (9)$$

经过变换，可得

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \leq 2C_w + \frac{1}{2} (x_{12} + x_{23} + x_{34} + x_{41} - x_{14} - x_{21} - x_{32} - x_{43}) \quad (10)$$

由图 4 和图 5 可以发现， $x_{12} + x_{23} + x_{34} + x_{41}$ 为整

个环形交叉口的右转交通量，而 $x_{14} + x_{21} + x_{32} + x_{43}$ 为整个环形交叉口的左转交通量。记整个交叉口车辆的右转比例为 r ，左转比例为 l ，则 (10) 式可变为

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \leq \frac{4C_w}{2-r+l} \quad (11)$$

环形交叉口的通行能力为

$$C = \max (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) = \frac{4C_w}{2-r+l} \quad (12)$$

当 $r=0.2$ ， $l=0.3$ 时，则 $C=3200$ 辆/h。

3 小结

本文结合北京的实际情况，对常规环行交叉口的通行能力进行探讨，首先提出了环形交叉口的一个交织段的交通流简化模型；然后以车队分析法计算环形交叉口交织段的通行能力；最后采用线性最优化方法计算了整个环形交叉口的通行能力。同时，本文还根据实测数据，计算出具有内、外两个环道的交织段的通行能力为 1700 辆/h。当左、右转车辆的比例分别为 0.3、0.2 时，整个环形交叉口的通行能力为 3200 辆/h。

参考文献:

- [1] 王伟. 无控制交叉口通行能力及延误的车队分析方法. 重庆交通大学学报, 1995 (1): 36-44.