

文章编号: 1002-0268 (2003) 01-0105-05

# 基于互联网的电子收费系统的设计

贺敬凯, 徐建闽, 撒元功

(华南理工大学交通学院, 广东 广州 510640)

**摘要:** 分析电子收费系统的组成与功能, 在此基础上, 结合最新网络发展技术, 详细论述了电子收费系统的硬件网络结构设计, 并针对电子收费系统所要完成的功能, 详细论述数据库软件设计方案及联网收费功能的实现。随着网络技术的发展以及数据库管理信息系统的功能扩充, 基于网络的电子收费系统在缓解交通问题方面会发挥更大的作用。

**关键词:** 电子收费系统; 互联网; 数据库管理系统

**中图分类号:** TP399: U412.366.1

**文献标识码:** A

## Design of Internet Based ETC

*HE Jing-kai, XU Jian-min, SA Yuan-gong*

(College of Traffic &amp; Communications, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** ETC is a complex system involved many kinds of technologies. The design of the ETC not only involves computer network but also in connection with such issues as latest network technologies and managements. In this paper the components and functions of ETC are analysed firstly, and based on this, combined the latest network technology, the networks architecture based on the internet and the DBMS of ETC are designed. With the development of network technologies and the expansion of functions of DBMS, the ETC based on the network would have a better effect on the traffic management.

**Key words:** ETC (Electronic Toll Collection System); Internetwork; DBMS (Data Base Management System)

随着经济发展、交通量的持续增加, 尽管修建了大量的交通设施, 但是, 交通拥挤阻塞状况仍然十分严重。近 20 年各国的实践证明, 智能运输系统是解决当前交通拥堵、环境污染严重等矛盾的有效途径。而电子收费系统是智能运输系统在公路收费领域的具体表现, 其应用可以解除收费站的瓶颈制约作用, 较好地缓解收费站处的交通拥挤、排队等待以及环境污染等问题。电子收费系统已经成为世界各国交通部门优先研究、发展、应用的技术之一。

电子收费系统只有在联网情况下才能体现其强大的优越, 然而电子收费系统的建设涉及面广、技术复杂、投资较大以及缺少现成的经验。电子收费系统的建设不仅是组建一个计算机网络的问题, 而是要面对许多以前从未遇到的全新网络的技术问题和管理问题。本文首先分析了电子收费系统的组成与功能, 并在此基础上重点论述

了电子收费系统网络结构与数据库管理系统的设计。

### 1 电子收费系统组成及功能

电子收费系统广泛采用了现代的高新技术, 尤其是电子方面的技术, 包括无线电通信、计算机技术、自动控制等多个领域。不停车、无人工操作、无现金交易是电子收费过程的 3 个主要特征。

电子收费系统的基本原理是使安装在车辆上的专门装置(车上单元)通过无线信号与安装在收费口上的天线进行信息交换, 根据该专门装置中保存的与收费相关的数据, 可以即时算出并征收通行费用。费用征收不用现金, 而使用电子货币式的系统(如 IC 卡)。一套完整的电子收费系统是由识别、通信等多个子系统和设备构成的。以一个收费车道为例, 系统的体系结构如图 1 所示。

下面简介组成系统的主要模块的基本功能。

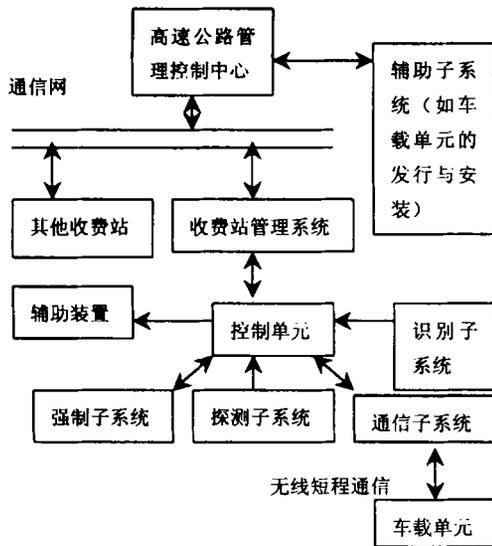


图1 ETC的系统结构

控制单元是一个具有信息处理功能的自动控制装置。它接收其它子系统传递过来的信息，按照一定的规则进行加工处理，产生相应的动作指令和数据，再传递给对应的装置和设备，控制它们做出必要的反应，完成电子收费系统的现场控制功能。具体包括：电子收费的各种内容（比如费额计算、车道-车辆通信控制等）和车道的控制与管理（包括车型识别、摄像机控制、信号灯控制等）。

车载单元（又称电子标签）的功能是与收费装置之间实现无线通信，进而实现电子货币式的付费方式；同时电子标签还应具有一定的人机交互功能，以使用户能够了解支付情况、存款余额等信息。车载单元相当于一个电子钱包，存储着多种信息，包括车上单元的识别号码（ID）、用户的预存金额（余额）或其账号（预付式或记账式）、车型信息编码及用户的个人密码以及用户进入的封闭式收费公路的入口收费站号和道号、收费操作时的结果标志信息。

通信子系统的组成应该包括收费站设备的通信部分和车载单元的通信部分。通信子系统的功能就是实现这两者之间的信息交换，交换的信息包括下面内容：使用者的有关信息——车上单元识别号（ID）、预付款余额或事后付款账号号码、车型信息等；收费的有关信息——主要是收费金额、时间、地点等，在封闭式收费公路中，还应包括入口收费站的信息，以便计费；操作情况信息——成功、失败、卡无效等。

强制执行子系统通过抓拍逃费车辆并进行事后处理来强制这些车辆完成收费。探测子系统，是对电子收费系统中用于检测是否有车辆经过的各种装置的总称。检测是否有车辆经过的目的，是为了给系统的某些操作提

供触发或启动信号，如天线开始通信，启动摄像机拍照等。

收费站管理系统和高速公路管理控制中心在电子收费系统中的作用是对收费站进行管理，这种管理是多方面的，如对收费站上硬件设施的管理（包括收费道口的开通、关闭，各套设备的状态监视与高层控制等）、对收费的管理（包括收费操作的实时记录，收费情况的定期结算，相关报表的生成等）以及与外界其他系统（如金融部门）的联系等。

## 2 基于互联网的 ETC 的设计

### 2.1 联网收费硬件设计方案

#### 2.1.1 高速公路联网收费特点

根据电子收费系统组成与功能，高速公路联网收费系统具有以下特点：

- (1) 传输线路沿公路分布；
- (2) 大部分高速公路应用系统和服务集中在公路沿线的收费站、高速公路管理分中心，以及高速公路管理控制中心；
- (3) 传输数据有语音、数据及图像视频数据，传输速率要求范围大，小到几十 kbps 的语音数据，大到几百上千 Mbps 的图像数据。表1为不同媒体的数据对通信网络的要求。

服务质量	最大延迟 (s)	最大延迟波动(ms)	平均吞吐量 (Mbps)	可接受的误比特率	可接受的误分组率
语音	0.25	10	0.064	$< 10^{-1}$	$< 10^{-1}$
活动图像 (TV 质量)	0.25	10	100	$10^{-2}$	$10^{-3}$
压缩活动图像	0.25	1	2~100	$10^{-6}$	$10^{-9}$
数据文件传输	1	-	2~100	0	0
实时数据	0.001~1	-	$< 10$	0	0
静止图像	11	-	2~10	$10^{-4}$	$10^{-9}$

由表1可以看出，数据传输率在 100Mbps 以上的网络才有可能满足各类媒体应用的实际需要。

- (4) 高速公路管理体制具有至少 3 个层次：

高速公路管理控制中心 高速公路运营业务的管理中心，即数据处理中心、视频监视中心、业务和办公话音交换中心，并负责同金融机构的业务往来。

高速公路管理分中心 负责数据与指令的上传下达，同时进行数据处理、视频监视、办公话音交换等一些责任范围内的业务。

收费站 负责收费、视频监视、从管理中心获得业

务指令和信息。

### 2.1.2 网络拓扑结构设计

收费系统的结构设计应与高速公路管理体制对应,一般省级高速公路管理具有4级或4级以上的层次,因此收费系统也相应包括收费系统中心-分中心-收费站-收费车道4级网络结构,如图2所示。

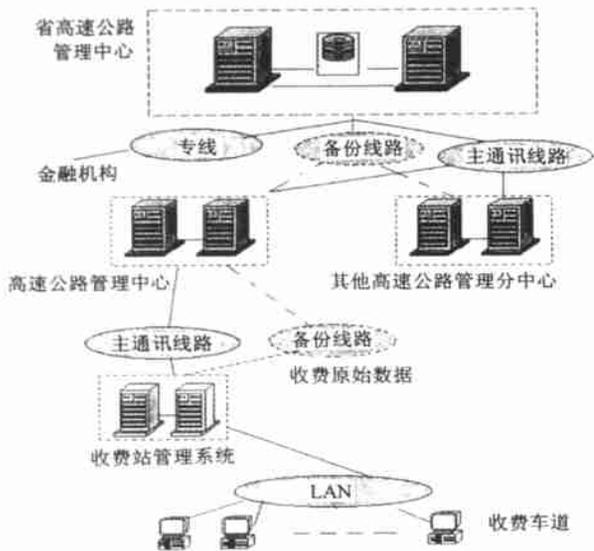


图2 联网收费拓扑结构

图2中,主通讯线路采用光纤;备份线路因其工作性质不同于主通讯线路,可采用光纤或5类双绞线,LAN内因传输距离较短,传输网络采用5类双绞线或光纤均可。为了保证系统运行的可靠及数据的安全,在每个管理中心均设有数据备份服务器。

根据高速公路联网收费的特点,将传输线路沿公路沿线敷设,建设环形拓扑逻辑结构的SDH传输网络,并采用以管理控制中心为中心节点的星型物理结构是联网收费网络的最佳选择。

使用SDH传输网络具有如下优点:

- (1) 采用了世界统一的数字传输体系和网络节点接口,有利于国际、国内通信的互联。
- (2) 简化了复接/分接过程和设备,需要时可以从高速多路信号中直接取出和接入低速支路信号,不必逐级解复用整个信号。
- (3) 应用交叉连接技术,可以电路(群)整体进行转接和交换,增强通信网路由动态调节能力,极大地提高了通信网的灵活性和对各种通讯业务的适应性。
- (4) SDH传送网在物理上或逻辑上采用环形结构时,不仅可以在各个节点之间实现综合灵活的路由安排,而且可以为自愈网提供迅速自动的通信保护功能。
- (5) SDH帧结构有充足的开销比特(约占信号的5%),大大增强了网络的OAM功能,还有扩展OAM的

能力,可以满足未来网管和监控的要求。

(6) SDH具有强大的兼容性,不仅可以兼容PDH的所有网络,还可以兼容各种新的业务信号,如局域网中的ATM信元。

由于SDH传输网络具有的一系列优点,各级管理中心或收费站都可以很方便地将信号取出和接入网络,而不影响其他信号的传输,这样可以充分利用网络传输线路,增强网络的可靠性和冗余能力。

上述设计完全可以达到传输语音、数据和视频数据的需要,并可满足未来其他高速公路管理的需要。

### 2.2 网络通信协议的选择

目前,TCP/IP协议被仔细地设计,并被很好地实现,其参考模型和协议栈使网络的全球服务成为可能,并把因特网粘合在了一起。因此选择的网络软件需要支持TCP/IP协议。TCP/IP参考模型如表2所示。

TCP/IP参考模型 表2

层号	名称
5	应用层
4	传输层 (TCP、UDP)
3	互联网层 (IP)
2	数据链路层
1	物理层

TCP/IP参考模型中,互联网层是整个网络体系结构的关键部分,该层定义了正式的分组格式和协议,即IP协议(internet protocol)。互联网层的功能就是把IP分组发送到应该去的地方。这些分组可能需要经由不同的网络,这由路由器通过相应的路由算法来完成路由。

互联网层之上是传输层,其功能是使源端和目标端主机上的对等实体可以进行会话,使用的协议为传输控制协议TCP(transmission control protocol)和用户数据报协议UDP(user datagram protocol)。TCP是一个面向连接的协议,允许从一台机器发出的字节流无差错的发往互联网上其他的机器,它把输入的字节流分成报文段并传给互联网层,在接收端完成相反的工作。TCP还处理流量控制,以避免快速发送方向低速接收方发送报文过多而使接收方无法处理。UDP是一个不可靠的、无连接的协议,用于不需要TCP的排序和流量控制能力而是自己完成这些功能的应用程序。

传输层之上即是应用层,它包含所有的高层协议,如FTP、SMTP、HTTP等协议,并为通信的进程提供端到端的、与网络无关的传输服务。因此我们可以根据需要编制各种电子收费系统应用软件,并进行信息的网络传送。

### 2.3 数据库管理系统软件设计方案

数据库设计是电子收费系统应用开发过程中的重要一环,由设计人员根据信息需求、处理需求、数据库管理系统说明书及软件环境进行设计。

在进行数据库系统设计之前,应首先确定一些实体的表示方法,如电子标签、收费站、业主等在数据库中的标识方法,以供数据库设计、维护、管理使用。表3为实体信息表示格式的一个例子。

表3 实体信息表示格式

实体	定义
电子标签编码 <sup>1</sup>	行政区划代码+ 发行商代码+ 区内编码+ 校验码
电子标签状态	[0正常 1资金不足 2透支 3无效]
路编码	类别+ 路编号+ 校验码
	类别= [国道 G 省道 S 高速公路 J 其他 Q]
收费站类别编码	[1开放式 2封闭式 3其他]
收费站编码 <sup>2</sup>	路编号+ 收费站编号+ 校验码
车道编号	路编号+ 收费站编号+ 车道号+ 校验码
车型	[0货车 1客车 3其他]
收费记录	产生时间+ 电子标签编码+ 车型代码+ 收费记录
收费记录类型	[正常 0 金额不符 1 电子标签不存在 2 其他 3]
业主代码	行政区划代码+ 区内编码+ 校验码

注: 1. 车载电子标签唯一的ID号;

2. 省内收费站的唯一标识。

### 2.3.1 数据库管理系统功能设计

数据库管理系统的功能需求是进行数据库管理系统设计的前提,根据前面电子收费系统组成与功能的论述,可以得出数据库管理系统功能模型,如图3所示。

具体功能如下:

(1) 客户服务系统 主要提供各种客户服务,包括提供电子标签的申请、更换、注销、暂停等服务。其中,电子标签发行管理实现电子标签的发行控制,以及对已发行的电子标签进行规范管理。

(2) 营运公司管理系统 负责营运公司内部所有参数的管理、设备的库存管理以及为营运条件提供各种查询统计服务。具体包括:

库存管理系统 对设在结算中心的总库采购的新电子标签进行入库登记,以便于营运公司能够准确及时了解系统运行情况,和用户使用情况及公司自身业务开展情况,例如可以根据实际需求将及时统一分配电子标签到各客户服务网点的分库。

查询打印功能 为营运公司的经营、管理提供查询打印服务。

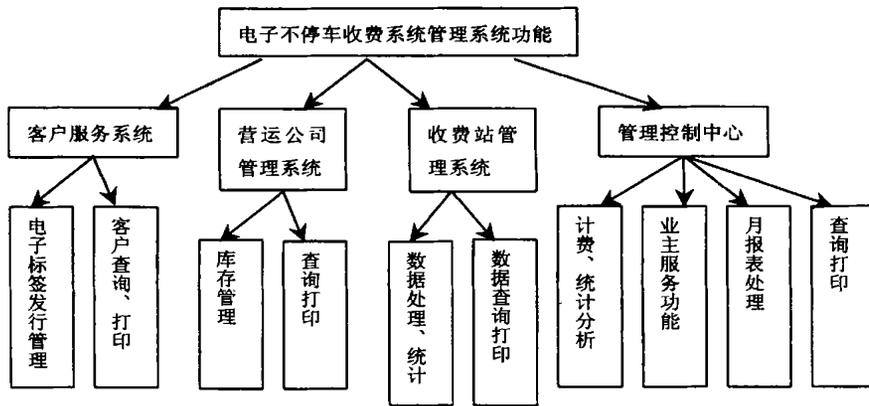


图3 ETC数据库管理系统功能模型

(3) 收费站管理系统: 完成各车道过往车辆的收费,并对现场实时记录和处理的收费数据、违章车辆信息数据、监测数据分类和汇总,适时向中央结算系统传递数据。

(4) 管理控制中心系统是ETC系统的最高管理层,负责联网范围内所有收费站管理系统的运行状态监视,过往车辆记录处理,车辆信息管理,客户与业主的计费信息处理,并与承办银行计算机通信执行账务结算。具体包括:

计费系统 每日根据从收费站送上的原始收费记录,核算收费金额是否正确,计算电子标签客户的扣款金额及各收费路段的收入金额。

月报表处理系统 形成客户每月的账单及各收费路段业主的结算记录。

统计分析打印系统 形成上级主管部门和内部管理所需的统计报表,打印客户的明细表和其它表单。

### 2.3.2 数据库表的设计

因为关系数据库结构简单,具有完整的数学理论基础,易学易用,因此本文设计数据库管理系统时采用了关系型数据库。使用当前流行的关系数据库如 Infomix、Oracle 和 Sybase,均可以实现本文设计的数据库。

计费、统计、查询、报表、打印等均是基于关系数据库中的关系表。根据数据库管理系统所实现的功能,本文例举了3个表的设计,具体表的设计如表4。

数据库表的设计

表 4

表名	字段名	记录内容	类型	长度	主键
收费记录表	account	预付款账号	C	20	✓
	ic_code	电子标签编码	C	15	✓
	cartype	车型代码	C	4	
	ic_state	交易状态	C	1	
	etime	入口时间	C	15	
	entry	入口收费站及其车道	C	13	
	etime	出口时间	C	15	
	export	出口收费站及其车道	C	13	
	toll	剩余金额	N	4	
	fare	扣款金额	N	4	
电子标签客户申请表	gen_time	生成日期时间	C	15	
	gen_date	日期	C	8	
	bank_account	银行账号	C	20	✓
	license	车牌号码	C	10	✓
营运收入表	name	客户名称	C	40	
	gen_time	生成日期时间	C	15	
	account	预付款账号	C	20	✓
	bank_account	银行账号	C	20	✓
	remain	剩余金额	N	12, 2	
	overdraft	透支金额	N	12, 2	
latefee	滞纳金	N	10, 2		

根据建立的关系表可以建立满足电子收费系统功能的数据库，而且使用 SQL 语言可以很方便地建立查询、报表、表单，还可以将信息在网上实时发布，便于查询管理。

接口设计基于以下前提：网络构架在 TCP/IP 协议，应用层文件传输采用 FTP 通信协议，网络消息的通信接口为 Socket，采用公开密钥算法。通信流程如图 4 所示。

2.4 管理系统间程序接口设计

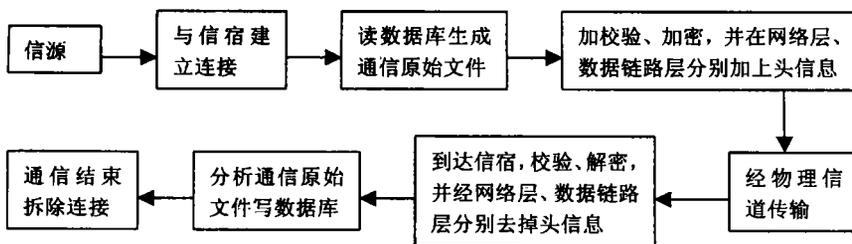


图 4 各管理中心通信流程框图

3 结语

在我国，电子收费系统的应用还不够广泛，仅在发达地区的一些高速公路得到了应用。根据我国目前实际情况，电子收费系统要大范围实施，还有许多课题有待研究，也还有大量基础性工作有待各系统部门配合完成。随着网络技术的发展、数据库管理信息系统的功能扩充以及电子收费其他课题的进一步研究，基于网络的电子收费

系统在缓解交通问题方面将会发挥更大的作用。

参考文献:

[1] 陈菊新. 电子不停车收费系统的设计与实现 [D]. 华南理工大学硕士学位论文, 2000.  
 [2] 熊桂喜, 王小虎, 等译. 计算机网络 (第3版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.  
 [3] 陈云志. SDH & WDM 设备与系统 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1999.