

文章编号:1005-0523(2017)02-0060-06

基于多路地感线圈的交通流量检测系统研究

谭 挺, 王维锋, 万 剑, 周云城, 谢 斌

(江苏省交通规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210004)

摘要:为提高基于地感线圈的交通流量检测系统的可靠性与准确性,利用多路地感线圈设计并实现一种能够检测逻辑复杂路况的交通流量检测系统。基于多路地感线圈的交通流量检测系统研究主要包括总体技术架构、硬件组成与软件设计流程。通过实地安装测试,结果表明:该系统能较精确地检测出逻辑复杂路况下小客车的运行方向以及交通流量等重要交通参数,检测准确率大于98%。该系统可应用于交通检测、路面监控、智能交通卡口系统以及停车场管理等领域。

关键词:智能交通;交通流量检测;逻辑复杂路况;多路地感线圈

中图分类号:TP273.5;U495

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.02.008

交通流量检测系统作为智能交通系统(ITS)的重要组成部分,在ITS中发挥着重要的作用^[1]。目前市场上主要的交通流量检测手段有:线圈检测、波频检测、视频检测、无线地磁检测等。线圈检测因投资较少、准确度高、不受气候和光照等外界条件影响而得到了广泛使用^[2-4]。地感线圈检测系统基本原理是当车辆通过埋设在路面下的环形线圈时,引起线圈磁场的变化,检测器据此计算出车辆的流量、速度、时间占有率和车长等交通参数,以满足交通控制系统的需要^[5]。早期采用单线圈横跨多个车道检测的方法,但是当多个车辆同时经过线圈时,只能检测出一次车辆的通过,从而导致大量的漏检^[6]。采用单线圈检测单个车道,通过获取线圈频率波形上下沿跳变时间计算车速^[7-8]。但是当出现车辆逆行等复杂逻辑道路状况时,存在识别车辆运行方向不准确问题,影响交通流量检测精度^[9]。

采用多路地感线圈检测方法,通过比较LC振荡谐振频率和中断时间差,适应逻辑复杂路况交通流量检测。针对线圈检测电路频率变化容易受到外在因素影响和线圈传感器本身的灵敏度问题,设计并开发了基于多路地感线圈的交通流量检测系统,主要在硬件电路、嵌入式软件等两个方面提出新的实现与优化思路,提高系统的抗干扰性以及检测精度,并对该系统进行实地测试。

1 系统框架设计

1.1 总体功能

根据基于多路地感线圈的交通流量检测系统的应用需要,系统采用稳定可靠的地感线圈作为交通流量的检测方式。在各个车道的路面下埋设金属环形线圈,车辆经过地感线圈区域时,车身铁磁材料引起地感线圈电感量变化。通过检测该种变化并对检测数据进行统计分析、存储以及上传,实现实时监控路面车辆通过情况。该系统可以连接12个线圈检测控制器,拥有多达24路地感线圈输入,具有同时检测多个车道的能力;同时该系统可以识别车辆的运行方向,使得该系统适用于各种复杂逻辑路况下的交通流量检测。

收稿日期:2016-07-08

作者简介:谭挺(1990—),男,工程师,主要研究方向为电子信息。

1.2 实现架构

基于多路地感线圈的交通流量检测系统的基本需求,系统从功能层面分为三大部分:信号采集模块,分析上传模块和智能管理模块。其系统架构如图1所示。

1) 信号采集模块。由多路地感线圈组成,分别埋设于各个车道的路面下。当车辆经过线圈区域时,车辆的金属部件会改变地感线圈的电感值^[10-11]。

2) 分析上传模块。线圈检测控制器内的微控制器对地感线圈的电感值变化进行分析,判断车辆存在与通过情况。当车辆通过双路地感线圈时,线圈检测控制器内的固态继电器输出 TTL 电平信号至核心控制器,核心控制器根据线圈检测控制器编号判别所属车道并进行交通流量数据统计处理,并将交通流量信息上传至 PC 机。

3) 智能管理模块。通过 PC 机软件将基础交通流动态信息进行数据融合处理分析,根据需求向出行公众提供路况信息、停车信息等全面、实时、动态的交通服务信息,为出行公众制定适宜的出行方案提供依据,从而达到缓解交通堵塞、提高交通系统设施利用率的目的。

2 硬件实现

基于多路地感线圈的交通流量检测系统其整体构成可分为软、硬件两大部分。硬件部分主要包括线圈检测控制器和核心控制器。

2.1 线圈检测控制器

当线圈检测控制器加电或者复位时,内部的补偿电路自动将电感量调谐范围设为 50 到 10,补偿电路也会对外界环境的电感量变化平衡补偿,从而保证系统正常工作。线圈检测控制器连接车道上的双路地感线圈。上电工作后,当车辆依次经过地感线圈 1 和 2 时(图 2(a)),线圈检测控制器判断出车辆行驶方向,线圈检测控制器将 TTL 信号输出给核心控制器。如图 2(b)所示,3 个脉冲代表有 3 辆车经过。

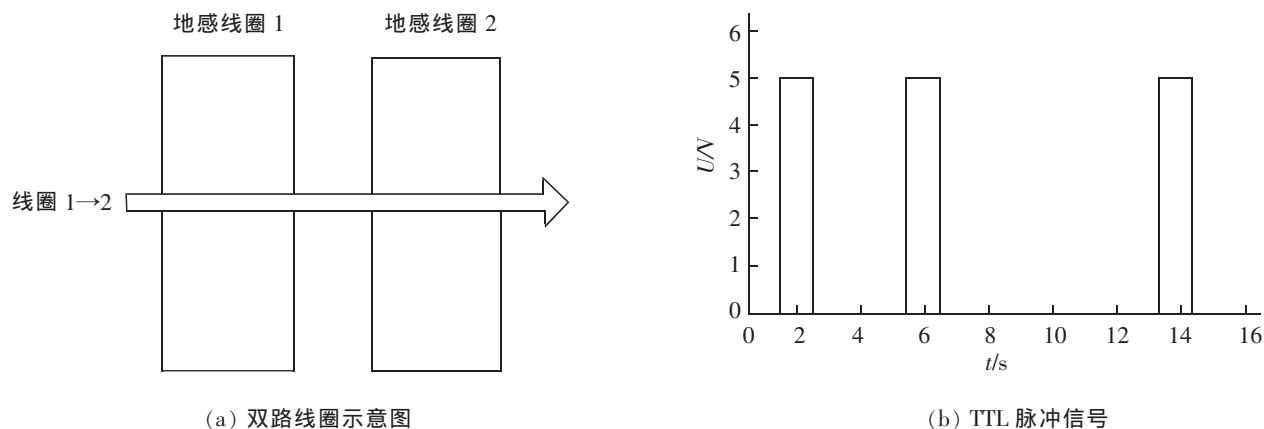


图2 基于多路地感线圈的交通流量检测系统车辆检测示意图

Fig.2 Schematic diagram of traffic flow detecting system based on multiple loop detectors

图1 基于多路地感线圈的交通流量检测系统架构
Fig.1 System architecture of traffic flow detecting system based on multiple loop detectors

2.2 核心控制器

核心控制器以 stm32 为控制芯片, 其硬件电路主要由主控微处理器、电源模块、滤波整形模块、人机接口以及通信模块组成, 如图 3 所示。

1) 主控微处理器: 根据交通流量检测系统的功能及接口需求, 保证系统工作稳定可靠, 核心控制器需要核心微处理器集成 CAN 控制器、以太网、外部中断、定时器、Flash 存储器等模块。选用的核心微处理器需要具有较高的可靠性和抗干扰性, 同时兼顾性价比。本文选用工业级 ARM 芯片 STM32F107 VCT6 作为检测器的主控微处理器。

2) 电源模块: 为了保证核心控制器各模块供电稳定, 该检测器的电源输入采用 220 V 交流电供电, 通过 AC/DC(220 V/5 V) 转换器和低压差稳压芯片 ASM1117-3.3 V 进行降压后分别为各电路模块及芯片供电。

3) 滤波整形: 针对采集的数据存在高频噪声, 首先通过中值滤波方法进行高频滤波。之后采用斯密特触发器^[12]对接收的模拟信号进行滤波获取 TTL 信号, 然后作为核心微处理器外部中断输入。

4) 人机接口: 由 LED 显示、微调按钮和复位按钮构成。LED 显示核心控制器的检测参数以及各模块的工作状态, 微调按钮可对车流量检测数据进行人工矫正, 复位按钮实现手动单片机复位功能, 方便用户管理。

5) 通信模块: 可选用多种通信模式将交通流量信息实时准确的上传给 PC 机, 例如 RS232、CAN、3/4 G 通信网络等。

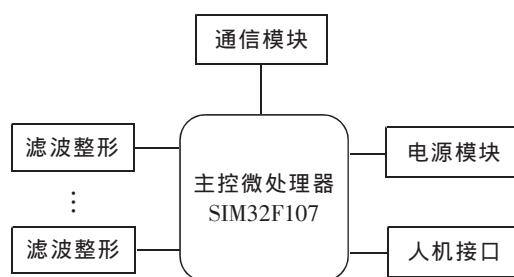


图 3 核心控制器硬件组成

Fig.3 Hardware components of core controller

3 软件实现

根据核心控制器的功能需求, 软件主要完成设备初始化、参数配置、各模块工作状态监测、车辆事件监控、信号分析、交通流量统计、数据上传以及心跳发送等功能, 总体流程如图 4 所示。

程序实现过程如下:

1) 对单片机系统、端口和各模块进行初始化。

2) 系统初始化完成后, 单片机读取 FLASH 存储器中的配置文件对算法、通讯模块和 LED 指示灯等进行配置。配置文件也可以根据需要随时从上位机程序中下载, 以便进行检测参数修改。

系统正常工作的重要参数是检测参考基准。系统可以通过读取配置文件获取参考基准, 或者通过软件自身具有的基准标定模块建立基准。检测系统实地安装后, 基准标定模块在外界环境没有移动车辆时连续采集 5~10 组检测数据, 求取平均值作为实时检测过程中的参考基准 N_m 。检测线圈容易受到环境温度等因素影响, 造成检测数据波形的漂移, 影响检测系统的判断精度。系统采用中值滤波方法, 对采集的数据进行高频滤波, 抑制温度波动、检测系统内部电流不稳定等因素产生的干扰影响。

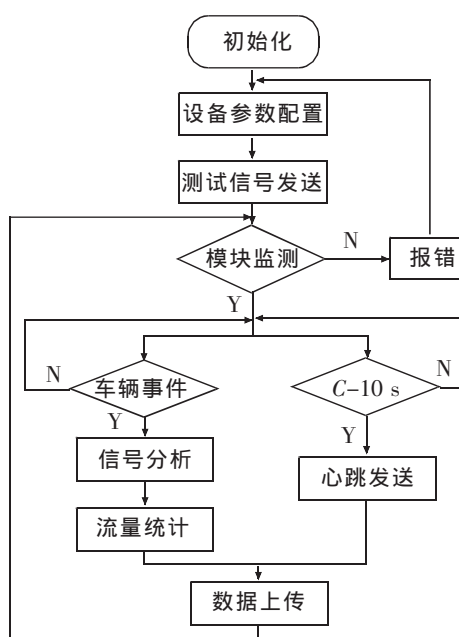


图 4 核心控制器软件执行流程

Fig.4 Flow chart of software execution of the core controller

滤波方法具体通过将连续采集的多组数据装入设置的缓存队列 $\{N_1, N_2, \dots, N_i, \dots, N_n\}$ 中,将队列的数据从小到大排列,取队列数据的中值作为当前检测状态,有效消除检测数据的尖峰脉冲,提高检测精度。对于温度变化产生的检测偏移,线圈检测系统进行了温箱试验,即将线圈放在温箱中,调节温箱温度在 $-30 \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内变化,研究检测系统在该温度范围内的输出情况。根据温箱试验测试数据,设定温度漂移的上限值为 T_u ,即当检测数据 N 满足下式时,采用中值滤波方法进行参考基准学习更新,考虑当前温度环境的影响,获得当前环境条件下的最优判断基准。

$$|N - N_m| \leq T_u \quad (1)$$

3) 单片机发送测试信号给PC机,如5 s内接收到通讯建立成功指令,单片机对各个模块进行监测,如各模块运行正常,系统开始进入车辆事件监控模式。

4) 当有车辆通过时,单片机检测到线圈检测控制器发送的TTL信号的上升沿,触发外部中断事件,程序算法对车辆通过状态进行分析,依据车辆运行方向进行统计,最后将得出的交通流信息存入FLASH存储器中并上传至PC机。

滤波整形采用斯密特触发器对接收的模拟信号进行滤波获取TTL信号,其中需要设置合适的阈值作为跳变的分界点。系统采用模拟信号校准法对系统采用的阈值进行校准,即模拟多种真实车辆通过产生的干扰模拟信号对系统磁场线圈进行激励,通过示波器接入系统进过滤波处理后的电压输出信号,分析在模拟信号激励下线圈产生的电压波动情况,以此设置合理的跳变阈值。系统不仅进行了静态试验,还模拟真实道路中车辆以不同速度驶过线圈的情况。通过在一个线圈检测控制器下的两个线圈上方分别接入模拟信号,两个信号之间按照相同时序函数变化,但是存在一定的相位差,通过调节该相位差的长短模拟车辆以不同速度先后通过两个线圈的情况。综合分析线圈在不同速度模拟情况下的输出电压信号,合理设置跳变阈值。

软件系统通过分析相邻线圈产生的脉冲时序先后判断驶过车辆的行驶方向,进而统计相应的交通流量。为了适应逻辑复杂路况中双行道出现的行驶车辆变道情况,软件系统具有多线圈信息融合分析功能,即当出现图5所示车辆紧急变道情况时,软件系统能够根据 A_1 、 B_1 和 B_2 线圈的输出波形和时序情况判断该方向上只有一辆车驶过,而不会重复计数,保证逻辑复杂道路车流量检测精度。

5) 系统间设置 N_1 跳时间 C ,默认为每隔10 s,单片机系统将存储在FLASH中的交通流信息上传至PC机。心跳时间由设定的配置文件决定,规定了系统上传数据的最大间隔,如果超过该间隔没有发送数据即认为系统发生故障,需要检修。

4 实验与验证

为论证本文设计系统的可行性与实用性,在南京白下科技园内一条南北走向的道路上搭建系统进行现场测试。根据线圈检测控制器的基本原理,车底盘高度和车速是影响线圈检测器振荡回路频率变化的两个主要因素^[13]。为了测试系统交通流量检测的准确性,将系统在一段时间内检测到的交通流量与实际交通流量进行对比。测试中选取多种型号小客车以不同车速驶过检测系统的多种场景进行交通流量检测,统计的结果如表1和图6所示,其中包括双行道车辆变道情况。从测试结果可以看到,系统对小客车的交通流量统计误差在2%以内。

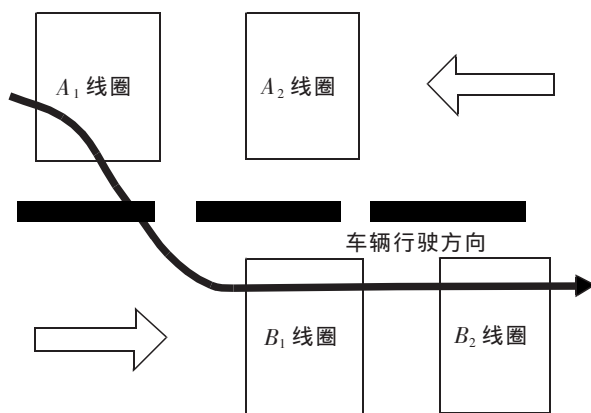


图5 双行道线圈布设与车辆变道示意图
Fig.5 Schematic diagram of the double row coil layout and the vehicle lane changing

表 1 不同车速双向车道检测结果对比
Tab.1 Comparison of two way lane detection results at different speed

车速/(km/h)	车道 1 实际数/辆	车道 1 测试数/辆	车道 2 实际数/辆	车道 2 测试数/辆
5	20	20	20	20
15	25	25	30	30
25	22	22	20	20
35	30	30	27	26
45	20	19	25	25
55	15	14	20	20
65	20	19	20	19
合计	152	149	162	160
检测精度	—	98.03%	—	98.77%

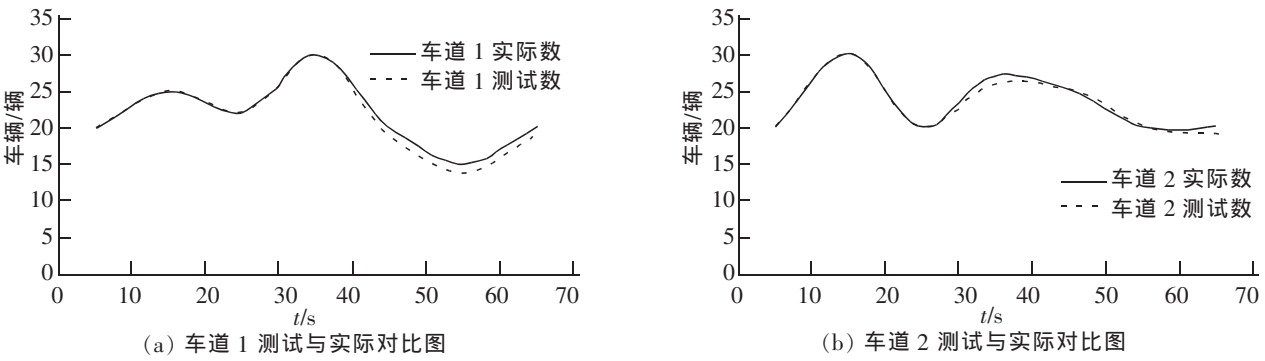


图 6 双向车道测试数据与实际数据对比图
Fig.6 Comparison of the test data and actual data in the two way Lane

在测试过程中发现,系统对过往小型电动车、摩托车、自行车等非检测车辆具有较好的抗干扰效果。由测试结果可知,基于多路地感线圈的交通流量检测系统对于小客车的检测具有较高的准确率,对于大型车辆检测精度还有待后期测试。实验中存在的漏检车辆主要是由于测试车辆行驶过程中前后车距较近,系统误认为是同一辆车导致漏检,需要进一步优化算法提高检测精度。

5 结论

- 1) 交通流量检测是智能交通系统的重要组成部分, 本文设计并实现的基于多路地感线圈的交通流检测系统因具有多路线圈可以同时检测多个车道的交通流数据,解决了复杂逻辑路段上的交通流量检测问题。
- 2) 通过实地测试,验证了系统软、硬件设计方案的可行性与实用性,测试结果表明该系统对小客车的交通流量检测精度较高,对于大型车辆的测试效果还有待进一步研究、验证。
- 3) 该系统通过进一步的功能扩展还可用于测量诸如车速、占有率和车型等一系列的交通参数而应用在多种交通控制领域中^[14]。

参考文献:

- [1] 杨荫凯. 智能交通系统(ITS)概述及我国的发展对策选择[J]. 地理科学进展, 1990, 18(3): 45-46.
- [2] 孟诺. 交通卡口雷达、视频、线圈检测及测速和车牌识别原理[J]. 智能建筑与城市信息, 2012, 185(4): 84-87.
- [3] 金盛. 环形线圈检测器交通数据预处理方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [4] 高富荣, 方强. 机动车地感线圈测速监测系统性能和检测方法研究[J]. 上海计量测试, 2008, 35(2): 27-28.
- [5] 王树欣, 伍湘彬. 地感线圈在交通控制领域中的应用[J]. 电子世界, 2005(8): 47.
- [6] 颜李. 城市道路车流量检测技术及其应用研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
- [7] 肖振鹏. 基于单线圈的车辆信息检测系统研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [8] YONG KUI K, DOO KWON B. Vehicle classification algorithm for single loop detectors using neural networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2006, 55(6): 1704-1711.
- [9] 夏发钦. 利用地感线圈检测机动车辆的原理与实现[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2011.
- [10] 邓忆, 鞠静文. 地感线圈在车辆通行自动检测控制系统中的应用[J]. 价值工程, 2014(5): 42-43.
- [11] 林仲扬. 地感线圈的原理及全新科学的检测方法[C]//江苏省计量测试学术论文集, 2006: 186-188.
- [12] 闵信余, 陆阳. 基于 C8051F 系统单片机线圈检测的设计与实现[J]. 现代计算机, 2005(10): 98-100.
- [13] 余田, 刘建伟, 曹泉, 等. 基于单线圈的车速检测算法研究[J]. 交通与计算机, 2006, 24(6): 68-70.
- [14] 李学. 道路交通检测系统的设计与研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2008.

Research of Traffic Flow Detecting System Based on Multiple Loop Detectors

Tan Ting, Wang Weifeng, Wan Jian, Zhou Yuncheng, Xie Bin

(Jiangsu Provincial Communications Planning and Design Institute, Nanjing 210004, China)

Abstract: In order to improve the reliability and accuracy of traffic flow detecting system based on loop detector, a system using multiple loop detectors to detect traffic flow on logic complicated road is designed and realized. This research proposes the overall technical architecture, the hardware structure and the software design procedure. The field testing results indicate that the system can accurately detect the direction of running vehicles and other significant traffic parameters for passenger cars such as traffic flow on logic complicated road, and the accuracy of traffic flow detection exceeds 98%. The system can be applied to traffic detection, road monitoring, intelligent transport system and parking management, etc.

Key words: intelligent transportation; traffic flow detection; logic complicated road condition; multiple loop detector

(责任编辑 姜红贵)