

文章编号: 1673-047X(2010)-06-0027-04

基于 CCD 的智能车循迹系统的研究

熊 慧, 尤一鸣

(天津工业大学电气工程与自动化学院, 天津 300160)

摘 要: 系统采用 Freescale 16 位 MC9S12XS128 为核心控制器, 利用 CCD 采集路面信息, 单片机获得 CCD 采集的路面信息和速度信息, 采用改进的二值化图像处理方法, 以排除黑色引导线以外物体的干扰, 调节小车的速度和舵机的方向, 实现智能车按照给定的路径前进。实验表明, 在这种控制策略下, 小车能够排除各种干扰信息, 稳定高速地行驶。

关键词: 循迹; 路径识别; 二值化; 智能车

中图分类号: TP18

文献标识码: A

0 引 言

图像处理和电机控制技术广泛应用于各种智能循迹的车辆, 目前很多循迹系统采用 CCD 或者红外传感器实现数据的采集。CCD 的前瞻性好, 控制精细, 但算法复杂。本文对采用 CCD 的路面信息采集与控制算法进行简化改进, 使小车能够沿黑色引导线快速行驶, 又不会冲出跑道。该小车采用 Freescale 公司生产的 MC9S12XS128 型号单片机作为控制芯片, 通过单片机的片内 AD 模块和 CCD 采集小车前方黑色引导线的图像, 经过对图像的一系列分析得出舵机的输出角度以使小车转向, 并判断小车应该加速还是减速。该小车的设计已经在 2009 年全国智能车比赛中取得二等奖。

1 整体设计

按照功能将整个小车分为六大部分: CCD 摄像头图像采集模块、电源模块、驱动模块、测速模块、舵机转向模块、辅助调试模块。图 1 为系统硬件模块图。

1.1 CCD 图像采集模块

本文采用 CCD 作为识别路径的传感器, 此模块的主要作用是识别黑色引导线。工作原理为: CCD 摄像头的信号通过 IM1881 视频分离芯片向 XS128 产生行信号中断和场信号中断, 以控制图像 AD 值的采集; 然后通过边沿提取算法提取出每行黑线的位置, 通过提取连续线段重新构建一帧图像的算法对整个图像进行处理。

1.2 驱动模块

电机驱动板由分立元件设计的直流电动机可逆双极型桥式驱动器组成, 其功率元件由四支 N 沟道功率 MOSFET 管组成, 额定工作电流可以达到 60A 以上, 大大提高了电动机的工作转矩和转速。

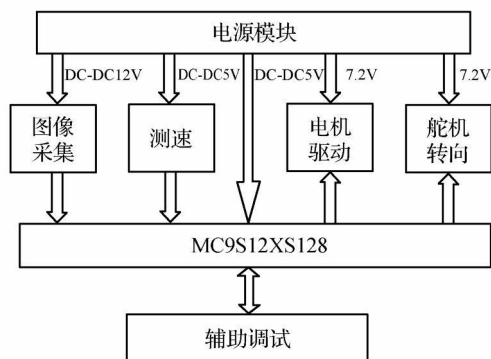


图 1 系统硬件模块图

收稿日期: 2010-03-30

作者简介: 熊 慧 (1978-), 女, 讲师, 主要研究方向为智能控制。

1.3 测速模块

采用光电耦合管和自制的码盘作为测速传感器,光耦合管的输出信号经过 555 定时器组成的斯密特触发器整形得到一定频率的矩形波信号,再经过 MCU 的输入捕捉功能提取出小车的速度值。

1.4 舵机转向模块

利用汽车转向机构原理,为了保证小车在转弯过程中能快速响应,且防止速度过快冲出跑道,把舵机的位置进行了提升,增大了力矩,使小车能按照轨迹进行快速转弯。

2 图像采集及处理

常用的摄像头视频输出信号是 PAL 制式,它的工作原理与电视机的工作原理相似:在一定分辨率下,每秒扫描 25 帧图像,每帧图像含有 625 行信息,分为奇偶行,进行隔行扫描,扫描每秒 50 场信号,每场有 312.5 行信息,从奇数行开始扫描,即依次扫描第 1,3,5,7,9,... 行,当扫描完奇数行后,再开始扫描偶数行,构成一帧图像。

图像采集是根据摄像头的行信号和场信号对图像模拟量进行采集。输出信号包括行同步信号、场同步信号、图像时间以及各种消隐时间。行同步信号代表一行图像数据扫描开始,场同步信号代表一帧图像数据扫描开始。要完成图像的正确采集,必须严格遵守时序的要求:当捕捉到一个行信号时,开始对该行各点的模拟量进行采集,当下一个行信号发生时表明该行采集完毕,需要对下一行模拟量进行采集。

2.1 二值化图像处理方法

图像处理精度决定小车的转向和速度。当跑道处在不同环境下,单片机通过 CCD 摄像头对跑道的采集会产生波动性,这样会干扰小车识别路径。利用单片机的 AD 模块,将 CCD 摄像头的模拟信号转化成数字量,存在一个二维数组中,数组的行列分别代表图像中的行列,这样将 CCD 采集的一帧图像映射为一个二维数组。经过分析处理确定跑道上黑色引导线的位置,来控制小车的舵机转向。

二值化处理是一种灰度处理算法,把图形的灰度图像数字信号变为二值(0,1)的数字信号。图像的二值化操作将使信息丢失,但却是某些处理不可缺少的步骤。图像二值化即在图像灰度级范围内确定一个阈值 T ,使二值化后的图像 $g(x, y)$ 表示如下:

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

算法的基本思路是:设定一阈值 T (例如 20),对于二位数矩阵中每一行,从左至右比较各像素值和阈值的大小。若像素值大于等于阈值 T ,则判定该像素对应的是白色赛道;若小于阈值 T ,则判定对应的是目标指引线。

该算法的缺陷是 CCD 摄像头处在不同光线下,输出模拟信号的幅值会出现波动,由于阈值是固定的,抗光的干扰比较弱。

2.2 基于边缘检测的二值化图像处理方法

为了克服上述缺点,本文提出一种改进算法。图 2 是该算法的流程图。

算法的改进:设定一阈值(例如 20),对于二位数矩阵中每一行,从左至右顺序比较相邻俩像素值的差值和阈值的大小。若差值大于等于阈值,则判定像素值对应的赛道开始进入黑色区域(黑点);若小于负阈值,则判定像素值对应的跑道已经走出黑色区域(黑点),进入白色区域。记录该行黑点的起始边缘像素点、黑点的宽度、黑点个数(N)。当完成一个黑点的扫描时,对该黑点两个边缘像素点进行求和取平均,将该平均值定为该黑点位置,将该位置保存在对应的位置上,继续扫描该行的其他的像素点,进行同样的处理。

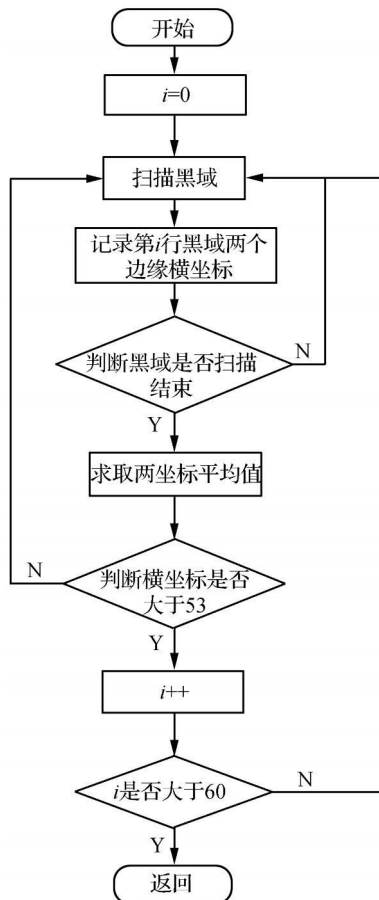


图 2 改进的二值化处理流程图

当 i 行扫描完成时, 需要对 i 所扫描到的黑点进行筛选, 设定一个偏差阈例如 5, 同时选 $i-1$ 的黑点作为参考特征点; 当 $N=1$ 时, 需要与上一行进行偏差、快度比较; $N \neq 1$ 时, 则分别对该行扫描到的黑点进行处理, 筛选出正确的位置。将最终的位置保存, 作为该场引导线的准确位置。

2.3 图像还原

本文为了验证改进后的二值化的效果, 将处理后的数据用 VC 界面进行图像还原。图 3 是未经过处理的实际图像, 图像上的横向的黑线为干扰信号, 纵向直线为特征引线。图 4 是经过二值化处理后的图像。图 5 是基于边缘检测的二值化处理图像。

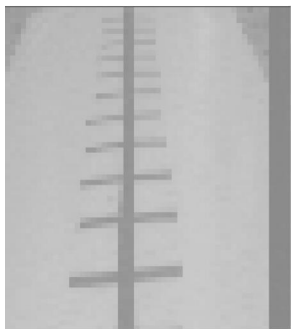


图 3 带干扰信号的原始图像

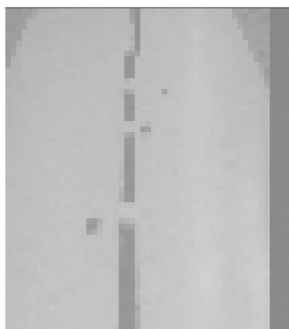


图 4 二值化处理的图像

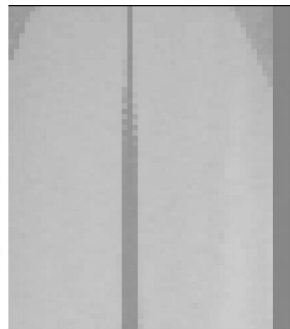


图 5 基于边缘检测的二值化处理的图像

2.4 算法总结

采用改进二值化的处理结果表明: 经过改进后, 二值化具有较强的抗光干扰性、抗赛道干扰性; 未改进的二值化, 由于阈值固定, 所以适应能力较弱, 抗赛道干扰能力较弱。二值化是建立在硬件稳定、波动性不大的前提下, 所以比较适合对小车的控制。

3 小车循迹算法

本文选用的 CCD 的照射宽度比较小而且照射形状近似为梯形, 这决定了算法上很难对赛道进行大面积的分析。因此循迹上, 算法应该以适应性强为主。在舵机转向上采用三个变量 P_1 、 P_2 、 P_3 来控制舵机的值。 P_1 对应图像的斜率, 它是控制转向的主要变量; P_2 对应小车相对于黑线的位置, 是控制转向的辅助变量, 它的目的是为了防止小车偏离引导线; P_3 对应于转向的超前校正, 它由图像前端的斜率求得。

3.1 P_1 的求取

通过求黑线对于小车的平均相对位置的方法来控制转向, 但这种方法具有灵敏度不高、适应性不强、小车侧滑时容易出错等缺点。最终本文采用了通过最小二乘法求图像的斜率 S , 通过斜率求 P_1 值的方法。通过最小二乘法求斜率, 运用公式 (2)。

$$S = \tan\beta = \frac{\sum (y_i x_i) - \frac{1}{n} \sum y_i \sum x_i}{\sum x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum x_j \right)^2} \quad (2)$$

$$P_1 = k_1 \times S \quad (3)$$

其中, k_1 为常数。

3.2 P_2 的求取

CCD 照射到的最近距离和小车的前轮轴线之间仍有不可忽略的距离, 因此摄像头最近一行的数据不能反映小车相对于黑线的距离。通过最小二乘法的方法将图像延长到小车前轮轴线上, 这样就可以将最近一行的相对位置 (distance_photo) 归算为 D 。 D 的值虽然和实际值仍有些误差, 但经过实验数据分析, D 的误差在影响小车稳定性程度上比较小, 比重也很小。这种方法优点是能够反映小车相对于黑线的实际位置。

在求出 D 后, 就可以进一步求出 P_2 的值

$$P_2 = k_2 \times D \quad (4)$$

其中, k_2 为常系数。

3.3 P_3 的求取

因为舵机的滞后性对小车的性能有很大影响, 速度越高, 舵机滞后性带来的负面影响就越大, 进入弯道时就会出现侧滑出跑道的情况。为了避免这种情况的发生和提高小车的运行速度, 需要对舵机的联动机构及前轮机械结构进行调整, 或者采用程序的方法使小车提前转向, P_3 的引入即是第二种方法。 P_3 作为一个附加的校正值加在舵机上, 它的大小与速度有关系, 同时又与图像前端的斜率 S_1 有关。

$$P_3 = \begin{cases} 0 & v < p \\ k_3 \times (v - p) \times S_1 & v > p \end{cases} \quad (5)$$

其中, k_3 为常系数, v 指的是小车的运行速度。

该智能车循迹系统已经在实际比赛中经过了检验, 其稳定速度运行达到了 3.1 m/s, 充分证明该智能车循迹系统的反应速度快、抗干扰能力强且自适应性好。

4 结 论

本文对基于 CCD 的智能车循迹系统进行了研究, 结合智能车系统和跑道的特点, 设计了整体方案、CCD 信号的采集处理方法, 得到改进的二值化处理方法和循迹的算法, 通过智能车实验和竞赛, 证明文中提出的方案是有效的。

参 考 文 献

- [1] 卓 晴, 黄开胜, 邵贝贝. 学做智能车: 挑战“飞思卡尔”杯 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [2] 许 欢, 唐竞新. 调制光寻线系统及其在自动行走机器人中的应用 [J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2002, 42(1).
- [3] 万永伦, 丁杰雄. 一种机器人寻线控制系统 [J]. 电子科技大学学报, 2003, 32(1): 47-50.
- [4] 张云洲, 师恩义, 吴成东, 等. 基于 CCD 的智能车导航系统研究 [J]. 东北大学学报 (自然科学版), 2009, 30(2).

On the Smart Car Tracing System Based on CCD

Xiong Hu, J. You Y. in ing

(School of Electrical Engineering and Automation, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract Freescale 16 bit MCU MC9S12XS128 is used as the system's main controller and CCD is recognized to collect path information. MCU obtains the CCD and speed information. The improved binarization image processing method is used to exclude objects outside line interference and guide black line. The vehicle speed and steering direction is regulated to realize the smart vehicles in accordance with the given path forward. The experimental results show that in such a control strategy the car can remove obstacles and travels at stable high-speed.

Key Words tracing, path recognition, binarization, smart car