

基于 CMOS传感器的智能车路径识别研究

程亚龙,周怡君

(东南大学 机械工程学院,江苏 南京 211189)

摘要:介绍了基于 CMOS传感器的图像采集与智能车赛道信息提取的方法。给出了边缘检测算法的程序流程图,并采用加权最小二乘法拟合直线的方法,判断当前赛道的信息。实验表明,该方法简便可靠,能够满足智能车路径识别的需求。

关键词: CMOS传感器;图像采集;边缘检测;加权最小二乘法

中图分类号: TP274⁺.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5276(2007)05-0013-03

The Study of Smartcar Track Identification Based on the CMOS Sensor

CHENG Ya-long, ZHOU Yi-jun

(School of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: This paper introduces the extraction method based on the CMOS image sensor acquisition and smart car racing circuit information, gives the process flowchart of the edge detection algorithm and uses the weighted linear minimum squares fitting method to judge the current track information. Experiments show that the method is simple and reliable and can meet the Smart Car Path Recognition demand.

Key words: CMOS sensors; image acquisition; edge detection; weighted least squares

0 引言

路径识别是实现智能车自主沿赛道运行的信息基础,获得范围广而精确的赛道信息是提高智能车运行速度的关键。路径识别的方法主要有光电传感器和 CCD/CMOS摄像头传感器两种方式。与光电传感器相比,摄像头传感器具有较好的快速性、前瞻性,能够感知智能车前方更远距离的赛道变化,提取有效信息,从而为智能车快速、平稳的前进、转弯以及制动控制提供更好的判断依据^[1]。

为实现智能车的自主运行,需要预测前方道路信息并根据当前智能车与道路中心线的相对位置选取合适的行进路线,并根据电机和舵机的实际响应速度确定各种状态下的最佳行驶速度。现选用 CMOS摄像头传感器采集数据并进行图像处理,确定道路中心点,在此基础上采用加权最小二乘法拟合判断出前方道路信息,为合理选择行驶路线、控制行驶速度提供依据。

1 路径识别系统方案设计

本方案采用 JK309B 摄像头 CMOS PAL 制式,每秒扫描 25 幅图像,每幅又分奇、偶两场,先奇场后偶场,每场图像 20 ms,有效像素为 314 × 291,实际测试可知,每场图像共 292 行,每行约 68 μs,其中前 14 行为场消隐信号,每行的行同步脉冲持续时间也相同,约为 4.7 μs。

摄像头悬挂位置及视场如图 1 所示。由主视图可知,摄像头最远可以看到 100 cm,最近为 30 cm,加上图像采集自身的每场 20 ms 的延迟,如此悬挂既有利于预先判断弯、直道,又有利于转向控制。由俯视图可知,视场呈现近小远大的趋势,这就保证了智能车在弯道到可以看的更远

更宽。例如,智能车在弯道上出现过冲,黑线会出现在图像的左边缘附近;出现内切,黑线会出现在图像的右边缘附近。此时,智能车可以根据黑线的位置调整转向,使其回到黑线位置。

硬件方面,利用 LM1881 分离视频同步信号,MC9S12DG128 内置的高速 AD 转换器进行图像采集。软件方面,利用 S12 的 H 口中断进行 AD 转换,通过边缘检测算法提取中心点,然后通过直线拟和获得赛道信息进行控制。

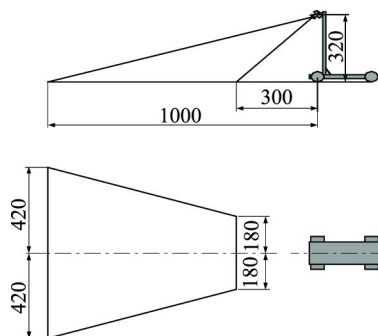


图 1 摄像头悬挂位置

2 硬件电路设计

2.1 视频分离电路

LM1881 可以实现视频信号的分离,其电路图如图 2 所示。2 脚为视频信号输入端;3 脚和 5 脚分别为场同步、行同步信号输出端;7 脚为奇偶场同步信号输出端。

2.2 CMOS 工作电压电路

JK309B 摄像头的工作电压为 12V,利用 MC34063 升

压电路来获得摄像头的工作电压,如图 3所示。

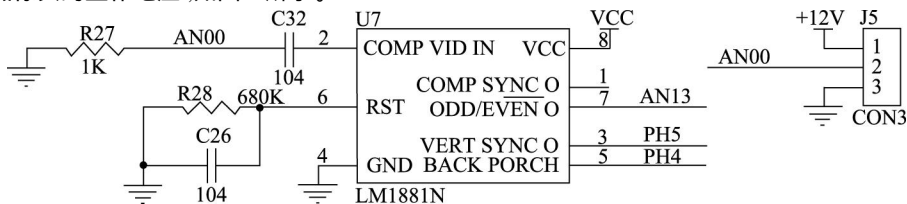


图 2 视频分离电路

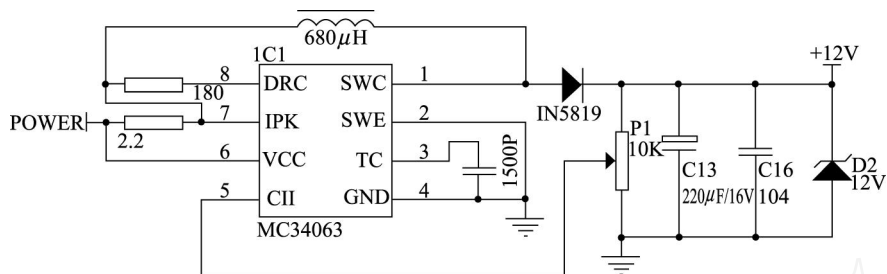


图 3 MC34063 升压电路

3 软件设计

3.1 图像亮度调节及阈值选择

文中使用的 CMOS 摄像头自带自动白平衡及红外补偿。正常情况下,整幅图像亮度比较均匀,直接采用同一阈值差进行中心线的边缘检测。我们分别选取 26~33 之间各值作为阈值来对直道图像提取中心点,其中提取错误的中心点个数如表 1 所示。因此我们选择 26 作为阈值,实现可靠提取中心点。

表 1 阈值提取错误的中心点

阈值	26	27	28	29	30	31	32	33
错误点	0	0	1	2	3	4	6	6

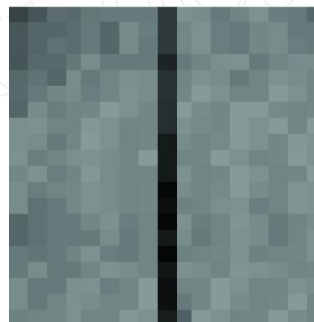


图 4 直道图像

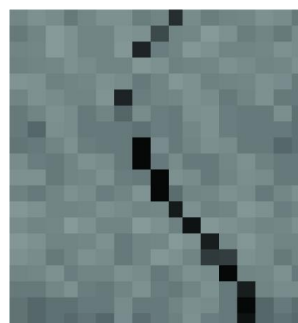


图 5 S道图像

3.2 图像采集方案

本系统的图像采集方案为:图像不分奇偶场,每场图像从第 15 行开始采集,每采集一行即进行中心点提取,提取完后隔 9 行采集下一行图像数据。如此循环,一共采集 20 行图像并提取中心点,之后进行直线拟合,用于智能车的各项控制。此方案可以避免采集到场消隐和行消隐信号,采集到的图像约为整幅图像的 3/4,约 15 ms,剩余的 5 ms 可以用来做控制。

S12 单片机总线频率经 PLL 锁相环倍频到 32 MHz,每行可采集 65 个有效点,有效像素为 65 × 20,利用 MFC 编译的图像软件,通过串口通信可以观察采集到的图像信息。直道和 S 道的灰度图像分别如图 4 和图 5 所示。观察可知本方案采集到的图像完全可以代替整幅图像进行赛道信息提取,既节省了时间和单片机资源,又满足控制要求,不失稳定性。

3.3 中心点提取

考虑到比赛现场灯光变化引起赛道图像灰度变化的

情况,本系统采用边缘检测算法实现中心点的提取,只需选定黑白阈值差即可适应灯光的变化,稳定性较好。但由于噪声干扰的影响,某些背景像素可能会被提取为黑线,考虑到噪声干扰的像素数目一般比较小,通过限定提取到的黑线宽度,并取灰度值最低的点为黑线。如此可有效地排除干扰。边缘检测算法的程序流程图如图 6 所示。

4 基于直线拟合的路径识别实现

考虑到控制的需要及算法的简练,本方案在赛道中选

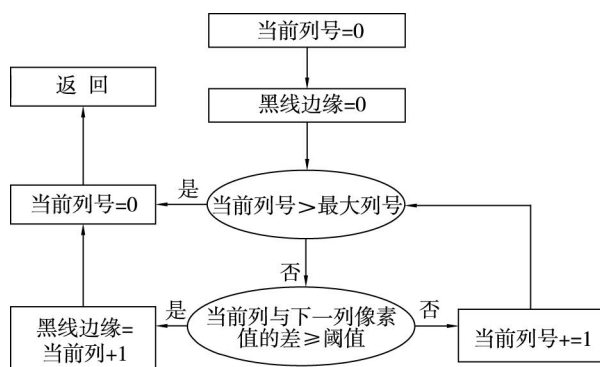


图 6 边缘检测算法的程序流程图

取最少 5 个中心点作为控制点,采用加权最小二乘法拟合一条直线。通过改变加权因子的大小就可以改变相应中心点在拟合直线中所占的权重。由拟合直线的斜率可以判断当前智能车与赛道的夹角,由直线的截距可以判断智能车与赛道的偏离情况。

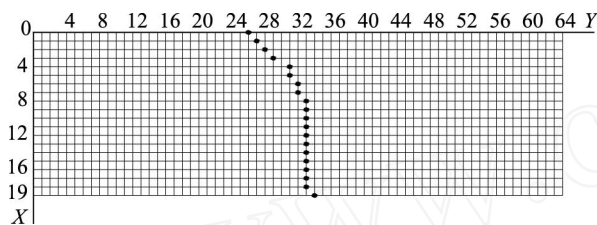


图 7 参考坐标系

由于稳定状况下赛道为垂直位置,为方便描述,我们选取如图 7 所示坐标系,图中离散点为直道入弯时提取到的黑线中心点。实际拟合时根据设定系数的不同,相邻中心点在 X 轴上的间距是可变的。设直线方程为 $y = ax + b$,则斜率 a 很小甚至为零。根据中点坐标 (x_k, y_k) 及加权因子 d_k 可得拟合残差平方和为

$$= \sum_{k=1}^n d_k (ax_k + b - y_k)^2$$

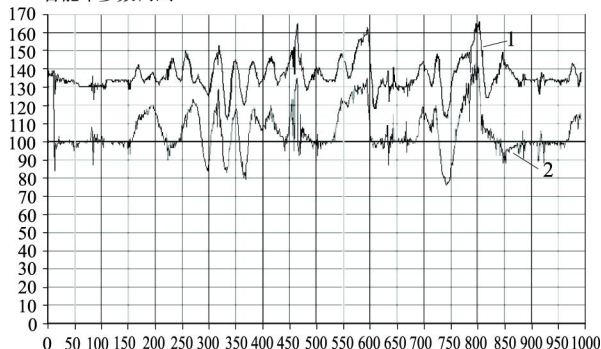
系数 a 和 b 为:

$$\begin{cases} a = \frac{d_k x_k y_k \times d_k - d_k x_k \times d_k y_k}{d_k x_k^2 \times d_k - (d_k x_k)^2} \\ b = \frac{d_k x_k^2 \times d_k y_k - d_k x_k y_k \times d_k y_k}{d_k x_k^2 \times d_k - (d_k x_k)^2} \end{cases}$$

由系数 a 可以计算出当前智能车与赛道的夹角,由系数 b 可以得到当前智能车与赛道的相对位置。我们利用 Labview 编译的图像软件,通过无线通信来观察智能车的行驶参数。图 8 所示即为智能车在赛道上行驶一圈所纪录到的每场图像的 a 、 b 值(曲线 1 为 a 值,曲线 2 为 b 值)。由图 8 可以看出 a 、 b 值在直道、大弯道、小弯道和 S 道上的变化还是很明显的。因此通过 a 、 b 值或

其线性组合可以用来预先判断弯、直道,实现提前加速减速功能,也可作为舵机转角的输入量,实现弯道的内切通过。

智能车参数调试

1—表示 a 值; 2—表示 b 值图 8 智能车行驶一圈所纪录的 a 、 b 值

按照此法进行控制,我们的智能车在校内比赛赛道(全长 38 m)上的最好成绩为 14.2 s。

5 结论

介绍了基于 CMOS 图像传感器的图像采集与处理,实验证明在图像预处理的基础上使用加权最小二乘法拟合直线来识别赛道,控制点少,计算量少,抗干扰能力强,能够为智能车的可靠运行提供依据。

考虑到智能车整个电路部分的高频信号对摄像头工作性能的影响,以及赛道内外杂点对图像采集的影响,应该加入一定的滤波处理,使图像更加稳定、可靠,从而提高智能车控制的可靠性。

参考文献:

- [1] 卓 晴,等. 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] 邵贝贝. 单片机嵌入式应用的在线开发方法[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 杨国田,等. 摩托罗拉 68HC12 系列微控制器原理、应用与开发关系[M]. 北京:中国电力出版社,2003.
- [4] Freescale Semiconductor, Inc. MC9S12DG128 Device User Guide [Z].
- [5] 卓 晴,等. 基于面阵 CCD 的赛道参数检测方法[J]. 电子产品世界,2006,7: 141-143.
- [6] 夏良正. 数字图像处理[M]. 南京:东南大学出版社,1999.
- [7] 侯俊杰. 深入浅出 MFC[M]. 华中科技大学出版社,2001.
- [8] 邓 焱. LabVIEW 7.1 测试技术与仪器应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

收稿日期:2007-08-17