

# 基于 S3C2410 的视觉巡线机器人系统设计<sup>①</sup>

## Design of Visual Robot System to Detect Lines Based on S3C2410

夏 澎 郝卫东 刘溯奇 (桂林电子科技大学 机电工程学院 广西 桂林 541004)

**摘 要:** 针对常规的机器人巡线方法,如光电检测巡线,易受环境、光、场地等影响,适应性不强的缺点,本文设计了一种基于 CMOS 图像传感器的视觉巡线机器人系统,并提出了一种新型的巡线技术。该机器人系统主要由核心模块、图像采集模块、机器人定位模块、电机驱动模块、人机交互模块等组成。详细介绍了各个模块的作用、工作原理以及具体实现。经实验验证,该机器人巡线实时性强、准确度高、稳定性好。

**关键词:** 巡线 S3C2410 图像处理 机器人 特征匹配

随着计算机技术的发展,嵌入式系统已经成为计算机领域的重要组成部分,并得到了广泛的研究和应用。由于 ARM 体系的处理器采用了 RISC 技术,具有寻址方式简单、寄存器多、指令长度固定等特点,因此处理速度快、效率高<sup>[1]</sup>、适合处理大量数据。而这些为机器人的应用带来了方便,特别是基于视觉的巡线机器人。

CMOS 摄像头是一种半导体光学成像器件,具有体积小、分辨率高、精度高、稳定性好、抗震动、抗电磁干扰等优点,已经在很多领域得到了应用,其中也包括机器人视觉图像的采集<sup>[2]</sup>。

常规的巡线方法,如光电检测巡线,其核心是通过比较白色引导线和深色底板之间的反射光的强弱标定传感器偏离,再融合多个被标定的传感器的信息以决定机器人的位置。然而,当外部光照强度达到一定程度时,其巡线的可靠性就会极大地降低,甚至出现脱离引导线乱跑的现象;同时,每换一次场地,都需要作相应的调整,适应性不强。为此,迫切需要一种对外部环境变化免疫的巡线系统。而本文设计的机器人巡线系统,由于利用了 ARM 技术和 CMOS 图像技术的优点,因此能够很好地解决这些问题。本系统的运行过程如下:首先,CMOS 图像传感器的光敏单元受反射光的激发将光信号转化为电信号,直接输出数字信号并保存数据;然后,驱动核心算法程序对

数据进行处理,比较和判断处理的结果;最后,系统根据判断结果输出电机驱动参数,实现机器人巡线。

### 1 控制系统的硬件电路设计

巡线机器人的控制系统主要实现引导线的图像采集、机器人当前位置的获取、路径规划和运动控制等功能。硬件系统方案设计如图 1 所示,主要由以下几个部分组成:核心控制板模块、CMOS 视频采集模块、机器人定位模块、程序下载模块、电机驱动模块、人机交互模块和电源模块。



图 1 系统硬件结构图

#### 1.1 核心模块和 CMOS 视频采集模块

核心模块采用 FriendlyARM 公司开发的基于 AR

① 收稿时间:2008-10-15

- M9 处理器 S3C2410 的核心嵌入式开发板 SBC2410。该开发板外围接口比较完备,引出了很多的 I/O 口、数据总线和地址总线,适合二次开发。

视频采集模块选用深圳康美迪亚科技有限公司生产的 C3188A 摄像头模块。摄像头芯片采用 CMOS 图像传感器 OV7620。C3188A 摄像头可以直接输出数字信号,所以不需要进行 A/D 转换。核心模块再通过 I2C 总线将 OV7620 寄存器中的数据读到开发板中的 SDRAM,以便显示到液晶屏上并提供给算法作进一步的处理,以生成控制策略。

## 1.2 电机驱动模块

驱动模块是机器人的重要组成部分,它和电机组成机器人的执行机构,完成机器人的行走运动。由于直流电机具有良好的线性调速特性、简单的控制功能、较高的效率和优异的动态特性,所以在控制系统中得到了广泛应用。系统采用 L298N 电机驱动芯片驱动直流电机,并采用 PWM 调速原理控制直流电机以达到控制机器人的速度。L298N 是 SGS 公司的产品,内部包含 4 通道逻辑驱动电路,是一种二相和四相电机的专用驱动器,内含两个 H 桥的高电压大电流双全桥式驱动器,接收标准 TTL 逻辑电平信号,可驱动 46V, 2A 以下的电机。L298N 在本系统中驱动两个直流电机, OUT1、OUT2 和 OUT3、OUT4 之间分别接两个电机。In1 与 In2, In3 与 In4 脚接输入控制电平,控制电机的正反转; EnA、EnB 接控制使能端,控制电机的停转。通过 PWM 控制芯片上电机使能脚的通断时间比对电机进行调速<sup>[3]</sup>。S3C2410 处理器支持 PWM 输出,便于对驱动电机进行调速。电机驱动模块的电路图如图 2 所示。

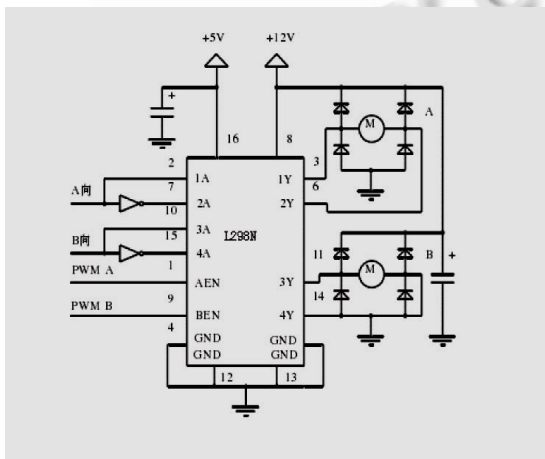


图 2 电机驱动模块原理图

## 1.3 程序下载模块和机器人定位模块

程序下载模块主要完成启动程序和应用程序的下载。本系统提供两种下载方式:并口下载和串口下载。并口下载通过并口线与 JTAG 调试接口连接完成 PC 与 S3C2410 的通讯,串口下载通过 RS232 串口线连接电路板上 COM 口与 PC 进行通讯。

定位对机器人非常重要,为机器人的路径规划提供了必不可少的信息。目前定位传感器有全球定位系统(GPS)、旋转电位计、光电编码器、磁罗盘、电子罗盘和加速度计等。本系统是巡线系统,只要知道走了多少路程,处在什么位置,就可以规划出一条路径。因此,本系统采用光电编码器感知所走过的路程,光电编码器经光电转换,将轴的角度转换成电脉冲信号,再通过放大电路输出到 S3C2410 计数器,把采集到的脉冲进行存储,脉冲信号和轮子转过的圈数成正比,因此可以计算出机器人走过的实际路程。

## 1.4 人机交互模块和电源模块

人机交互模块采用 8.4"LCD 显示屏和触摸屏块组成。8.4"LCD 和触摸屏模块为购于 FriendlyARM 公司的产品。通过该部分模块可以与系统交互地设置参数,以适应不同的场地或应用环境。本系统需要两种电源,分别为 5V 和 12V。5V 电源用于核心板和摄像头供电,12V 电源分别独立给液晶屏和驱动电机模块供电,以免引起干扰。这些电压都由电源模块提供。

## 2 算法与软件设计

软件主要分为 2 部分:系统控制程序(主要是各部分的硬件电路接口程序及人机接口程序)和巡线控制算法。

(1)系统控制程序的实现基于移植到 S3C2410 的实时多任务操作系统  $\mu C/OS-II$ ,它是基于优先级、抢占式实时内核,具有源代码公开可移植性好、可裁减、多任务等特点,可以管理 64 个任务,应用程序可达 56 个任务。它主要具备任务管理、时间管理、信号量管理、内存管理功能<sup>[4]</sup>。

该机器人控制软件系统是基于  $\mu C/OS-II$  的任务管理机制,按照设定优先级一些原则,设计了以下 5 个任务,详述如下:① Motor Drive Task——定时中断节拍进行计时,在任务循环块中,接收图像处理控制算法中形成的电机驱动参数,即 Image Analyze Task 任务中产生的电机驱动参数,更新 PWM 输出,

完成机器人的所需运动轨迹姿态调整,随后挂起自身;

②Image Analyze Task——获取在内存循环队列中的图像数据,在任务循环块中检测图像信号量,如果没有在一定时期内进行任务调度,则挂起自身,若有则对获取内存循环队列中的图像数据进行分析处理,得出电机驱动参数并发送该信息至消息队列中,然后释放图像信号量,再挂起自身;

③Sound Record Task——用于采集、存储机器人周围环境声音信息数据到声音队列中;

④Image Collect Task——建立窗口界面,在任务循环块中,检测图像信号量,如果没有在一定时期内进行任务调度,则挂起自身,如果检测到图像信号量,则采集一幅图像到图像存储循环队列中,采集完成,再释放图像信号量,挂起自身;

⑤GUI Update Task——按照  $\mu$ CGUI 手册规定,当其使用窗口回调机制,建议把它建立为最低优先级别的任务,用来更新回调信息,并且该任务必须实现,且要定期调用。以上任务的优先级依次降低,任务之间通过邮箱和消息队列传递消息。

(2)巡线控制算法的实现。机器人的动态巡线过程,需要提取并能检测判断机器人相对白线的位置情况,形成控制策略,完成机器人的运动姿态调整,其算法实现流程图如图 3 所示。

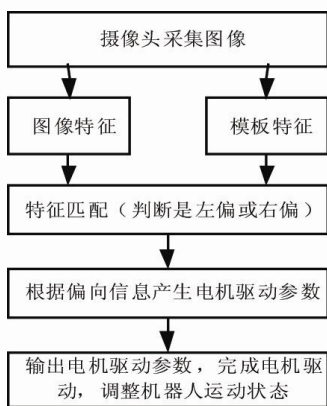


图 3 算法实现流程图

图像的特征匹配算法有直接基于灰度值的方法以及基于特征提取的方法两大类。这两种算法共同的缺陷是时间复杂度高,速度慢不利于实时操作,特别是诸如在线检测、机器人视觉伺服等需要从大量视频信号实现数字处理海量图像的匹配场合。由于本文采用的处理器 S3C2410 硬件不支持浮点运算,无法采用上述方法识别机器人相对于白线的位置是左偏还是右

偏。为此,结合机器人应用环境的特殊情况,本文对二维图像匹配算法进行了改进与简化,其基本思路和实现过程如下:

①在现场采集一幅图像如图 4(a)所示(理想情况),大小为  $320 \times 240$  像素。

②把图像分成三个图像带 A0, 像素从 L0~L1; A1, 像素从 L2~L3; A2, 像素从 L4~L5; 再把每个带分成左右两半,其像素从中间开始向两边递增,即从 p0~p159,如图 4(b)所示,并分别给出权值,求其每点的灰度值与相应点权值并求出总和,其一行像素的表达式为:

$$S_j = V_1 * 1 + V_2 * 2 + \dots + V_i * i + \dots + V_n * n \quad (V_i \text{ 为灰度值, } i \text{ 为权值; } 0 < n < = 159, n \text{ 为整数; } L_0 < j < = L_1 \text{ 或 } L_2 < j < = L_3 \text{ 或 } L_4 < j < = L_5, j \text{ 整数})^{[5]}$$

③然后用  $A_i$  右边区的总和减去  $A_i$  左边区的总和的差值,看是否落在误差的允许范围之内,即表达式为:

$$T_m = (A_i \text{ 右} - A_i \text{ 左}) \in [-\pm, \pm] \quad (i = 0, 1, 2)$$

④根据  $T_m$  的值与大小就可以确定机器人的位置是左偏还是右偏,或在误差范围之内,随之就能产生机器人的控制策略。

由于本图像识别是特定情况的应用,图像处理数据量少、处理快、巡线稳定、可靠性高,经现场的实验验证,相对于模板,在整个搜索图中搜索匹配效率高,避免了复杂的运算,具有很高的实时性。

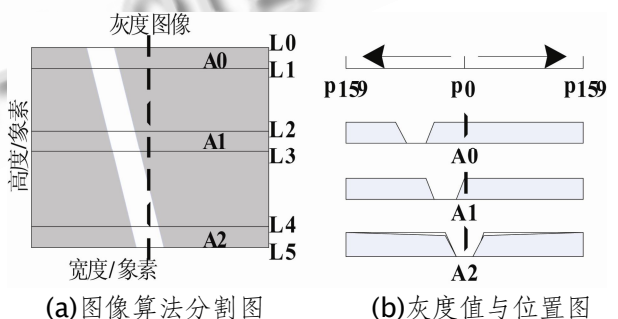


图 4 特征提取与匹配

### 3 试验结果

试验是在室内环境中进行的,试验场地面积是  $12\text{m} \times 12\text{m}$ ,铺设绿色地板,地板上贴有宽度为  $30\text{mm}$  的白色引导线,机器人速度在  $1\text{m/s}$  以下。在启动实验平台之前要调整摄像头视角,如果视角太大其巡线精度很难保证,甚至会脱离预期的轨迹。经试验验证,



当摄像头光轴与地面夹角为 60 度左右时,其巡线可靠性及精度能够得到很好的保证。经过多次调试和运行,机器人巡线稳定,巡线过程中没有出现纠偏不足、纠偏过度及纠偏过于频繁的现象。通过设计程序和控制算法,机器人根据导引线指示的路径很容易地实现了自主移动,完成了前进、转弯、后退等动作,并最终巡线到达了指定的位置。实验效果图如图 5,误差曲线图如图 6 所示。由此可以看出,本试验中的巡线机器人达到了很好的效果。

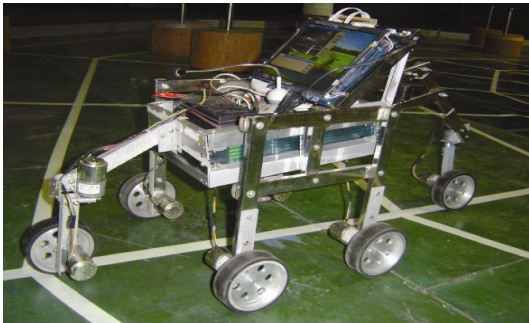


图 5 实验效果图

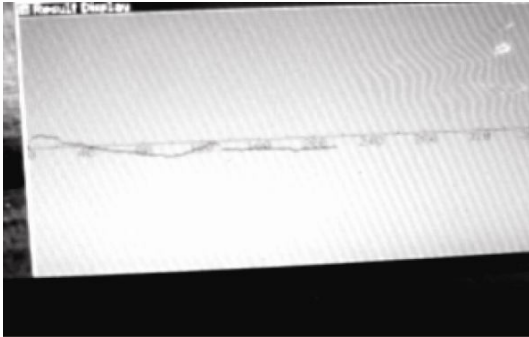


图 6 误差曲线图

## 4 结论

上述实践效果证明,此方法能够很好地实现机器人巡线行走。由于采用了摄像头采集图像以消除环境、光、场地等影响,并改进了巡线算法,所以极大地提高了引导线和场地颜色的分辨率。在数据处理上采用了 ARM9 核的 S3C2410 处理器,数据处理快,基本上能够满足实时性的要求。与传统的其他巡线技术相比,该系统实时性、抗干扰能力和控制精度更高。因此,本文所设计的视觉巡线系统的方案是其中一种行之有效的方法,对智能机器人的研究有一定的参考意义。该技术可推广应用于机器人比赛、自动化无人工厂、仓库、服务机器人等领域。

### 参考文献

- 1 吴明晖.基于 ARM 的嵌入式系统开发与应用.北京:人民邮电出版社,2004:1-2.
- 2 王庆有.图像传感器应用技术.北京:电子工业出版社,2003.
- 3 许松清,吴海彬.基于 DSP 的半自主移动机器人远程控制.单片机与嵌入式系统应用,2005,56(8):58-60.
- 4 Labrosse JJ.嵌入式实时操作系统  $\mu$ C/OS-II.第 2 版.邵贝贝译.北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- 5 李强,张钺.一种基于图像灰度的快速匹配算法.软件学报,2006,17(2):216-222.