

一种智能循迹物流小车的设计

皮佳豪 吴先焕

(武汉商学院 湖北 武汉 430056)

摘要: 针对车间危险工作环境下智能仓库的物流运输问题,设计一种智能循迹物流小车。该小车通过摄像头进行轨迹识别成像,由舵机前轮转向,后轮由电机驱动。小车通过摄像头进行扫描,将识别图像的灰度转换成相应的高低电压并反馈给单片机,最后通过 PWM 脉冲控制舵机和电机的转动,从而使小车沿着轨迹正常工作。

关键词: 智能循迹; PWM 控制; 摄像头; AD 转换; 物流小车

0 引言

目前国内外工业车间、物流仓库等运用的货物运输方式有人工叉车和人工搬运。而当大型工作车间采用纯人工搬运时,不仅成本高而且存在一定危险性。如因为叉车驾驶员的疲劳驾驶而导致工人被卷入车下的悲剧常有发生。随着工业和经济的发展,越来越多的工作车间以及仓库均以智能小车为主要运输工具,人工辅助搬运。以这种方式进行工作,不仅成本低,而且大大降低其危险性以及疲劳程度。因此,为了进一步满足时代发展需求,设计了一款智能循迹小车。为了设计方便以及制造方便,在本次设计时将小车按照比例进行缩小,对其进行结构及功能设计;根据相似理论,以证明该设计有一定的可行性。

1 系统设计

1.1 系统原理

小车拟实现的功能为根据地面轨迹信号进行循迹运输货物。查阅资料可得,目前循迹小车运用的技术有导线磁场、OpenCV 图像处理、人工智能及铁轨等。运用通电导线,利用磁感应进行循迹,在某些工作环境中存在一定的危险性;铁轨运输只适合外界环境以及远程运输,而对于室内仓库以及车间而言,成本高并且安装不便^[1]。为了节约成本和安装便利,本小车运用与地板背景色相反的颜色作为循迹路线。由于小车运行的路线不定,而地板大多为水泥,是灰黑色。因此,轨迹选用白色 LED 灯带。当 LED 灯带亮起时,小车摄像头识别到与地板背景色相差较大的白色,则沿着白色 LED 灯带行驶;当灯熄灭时,小车则不会沿着该灯带轨迹行驶。选用与地板背景色相差较大的白色,一方面便于工人在调控时进行观察,防止操作失误;另一方面可以防止小车摄像头识别错误,从而导致反馈电流信号时出错。小车需要根据 LED 灯带轨迹行驶运输,在小车工作时需

要进行前进后退和左右拐弯等动作,而这些则都是由处理器进行识别判断,处理命令。因此小车主要部件有单片机、舵机、摄像头、电机和小车车体等。

小车电控模块可以分为:电源、电源管理模块、核心控制单元、信号采集模块、速度检测模块、行进模块、转向模块和参数调试模块^[2]。小车的工作原理如下:摄像头采集路况信息,摄像头传感器会通过信息处理模块将图像二值化,电磁传感器会通过传感器模块对感应电动势信号进行选频、放大和检波,然后信号会输入到单片机 MK60DN512ZVLL10 中, MK60DN512ZVLL10 芯片将信号以二维数组形式进行存储、运算,通过编码器知悉智能车的行驶速度;单片机通过对图像信息进行分析处理后,得出舵机此时应该转动的转角对应的脉冲宽度,将脉冲宽度通过舵机信号线传递给舵机,实现实时调整舵机转角;控制算法会分速度控制两个驱动电机的速度,从而实现差速控制,从而使智能车按预期方向行驶。液晶显示器可以显示 MK60DN512ZVLL10 芯片将数据处理后的图像信息,便于测试人员分析改进。

本设计采用 MK60DN512ZVLL10 芯片作为核心控制单元,该芯片是基于 Cortex-M4 内核的 32 位单片机。它负责接收摄像头和电磁传感器采集的赛道信息、赛车速度等反馈信息,并对这些数据进行分析 and 处理,通过控制策略实现对电机和舵机的控制。此款单片机,拥有 512K 的快速存储空间和 128K 的 RAM 容量,采用 32 位 ARMCortex-M4 内核,标准频率为 100MHz,超频最高可达 200MHz,引脚总数 144 个,拥有 8 通道 12 位精度的模拟数字转换(ADC),4 通道 32 位周期中断定时器为 RTOS 任务调度程序提供基时,包含 SIP、IIC、CAN、IIS、UART、USB 等丰富外围模块,可进行单精度浮点运算,具有丰富的通信、模拟、定时和控制外设^[3]。

1.2 摄像头原理

摄像头原理如图 1 所示。

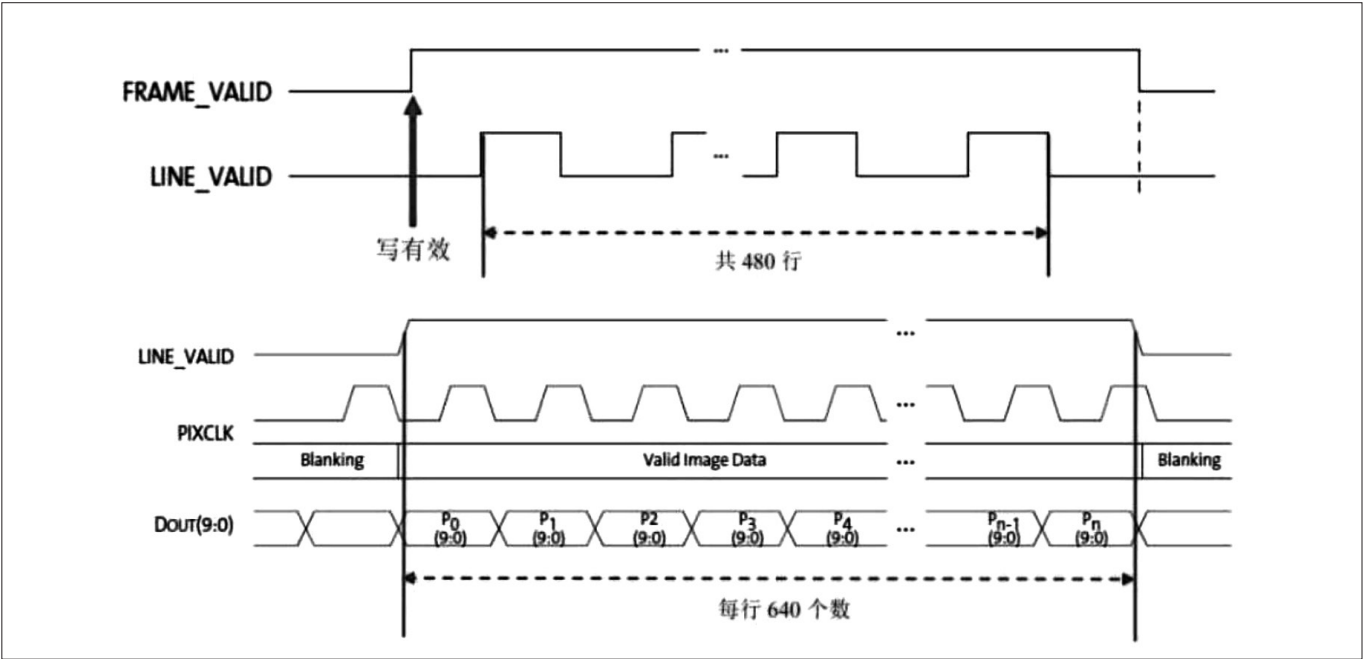


图 1 摄像头原理图

在本次设计当中，运用的摄像头型号为神眼灰度 MT9V034，摄像头输出分辨率为 640×480 ，MT9V034 传感器的并行接口在输出数据时是将视频分成帧来输出的，每一帧信号通过拉高或拉低帧有效（Frame Valid，FV）信号标记开始和结束的。每帧图像又分成行来输出。每行信号是通过拉高或拉低行有效（Line Valid，LV）信号标记开始和结束的。每一行图像中的像素是通过像素时钟（Pixel Clock）来控制像素一个一个地输出。在帧与帧信号之间，即 FV 为低时，是垂直消隐区；在行与行之间即 LV 为低时，为水平消隐区。

1.3 PWM 控制舵机

由于 LED 灯带轨道并不只有直行轨迹，在小车的行驶过程中，也有可能遇到弯道。此时则需要控制器控制舵机左转向或者右转向，实现小车沿着弯道行驶。

舵机内部一搬包括直流电机、齿轮轮系、传感器和控制器。利用传感器和控制器，根据所接收的信号，控制舵机转动相应的角度。舵机转动角度的大小，可以根据脉宽控制，也就是算法控制。通过信号线将脉宽信号输入到舵机的信号调制芯片，此时便会得到相应的偏置电压。偏置电压与内部的基准电压相比较便会获得电压差并且输出。根据电压差的情况，电机驱动芯片便会控制电机转动相应的角度，也就是最后舵机转动的角度。一般而言，舵机的基准电压为周期 20ms，宽度 1.5ms 的脉冲信号。以任意舵机型号为例，其转动角度和脉宽之间的关系如表所示。

PWM 一般指脉宽调制，有的电子元器件有多种工作情况，如电机的正反旋转，舵机的转向等，由于在单片机控制当中，电流均为直流电，对于此类需要输出波形

表 转动角度和脉宽的关系

脉宽 /ms	转动角度 / °
0.5	0
1.0	45
1.5	90
2.0	135
2.5	180

信号来工作的电子元器件，则需要用 PWM 进行控制^[4]。

例如需要输入一个正 / 余弦波形，利用电压周期以及直流电压如何进行控制。可以得知，输入电压与其面积大小相等。因此，利用微分的方法，可以将正 / 余弦波形分割成距离相等的无数小段，每一小段长方形的面积之和则可以近似为正 / 余弦波形的面积，即需要输出的电压信号，平分的份数越多，则误差越小，精确度越高。根据其原理，在实现控制时，可以根据需要输入的信号周期和特点，来设置相应的脉宽。

1.4 速度 PID 算法原理

在小车电机控制过程中，由于外界摩擦、空气阻力、弯道向心力等影响，小车实际速度与期望速度会出现偏差。在直道时阻力较小，智能车会一直加速，容易在弯道处冲出赛道；弯道时由于向心力较大，容易出现打滑或者智能车速度降低过多。为了减小甚至消除外界条件造成的偏差影响，需要对电机进行闭环控制，达到实时调节速度的目的。由于电机控制所需的不是调节器输出的绝对值，而是调节器输出的增量值，这时需给电机控制一个增量信号，所以设计采用增量式 PID 算法闭环控制电机速度。

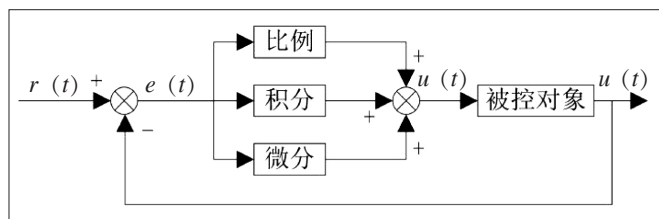


图2 PID原理图

PID即比例、积分、微分控制，其原理框图如图2所示。

位置式PID控制函数见式(1)：

$$u(t) = K_p \times \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \times \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

速度偏差量计算见式(2)：

$$\text{Error} = \text{SetPoint} - \text{NextPoint} \quad (2)$$

采用数字化差分方程替换原来连续量的微分方程，微分量以增量表示，见式(3)：

$$\frac{de(t)}{dt} = \frac{e(n) - e(n-1)}{T} \quad (3)$$

积分项以求和方式计算，见式(4)：

$$\int_0^n e(t) dt = \sum_{i=1}^n e(i) \Delta t = T \sum_{i=1}^n e(i) \quad (4)$$

PID调节器第一次输出的值与前一次输出值之差即为增量信号，见式(5)，编码器采样周期设定为5ms，即 $T=5\text{ms}$ 。

$$\Delta u = u(n) - u(n-1) \quad (5)$$

将以上5个函数结合得到智能车速度参数函数，见式(6)：

$$i\text{Incpid} = K_p \times [\text{Error}(n) - \text{Error}(n-1)] + K_i \times [\text{Error}(n)] + K_d \times [\text{Error}(n) + \text{Error}(n-2) - 2 \times \text{Error}(n-1)] \quad (6)$$

式中： $i\text{Incpid}$ —输出值，即增量；

K_p —比例系数，系统出现偏差时，乘上一个系数，将此偏差放大或者缩小；

K_i —积分系数， $K_i = K_p \times T / T_i$ ，可以减小超调；

K_d —微分系数， $K_d = K_p \times T_d / T$ ，微分在坐标中体现为函数的斜率，即偏差趋势，用于预测智能车中电机转速偏差下一步的变化；

$\text{Error}(n)$ —本次设定值与实际检测值的偏差；

$\text{Error}(n-1)$ —上一次设定值与实际检测值的偏差；

$\text{Error}(n-2)$ —上上次设定值与实际检测值的偏差。

PID中 P 增大调快响应速度， D 调大增加预判， I 消除稳态误差。算式中不需要累加，增量的确定只与最近三次采样值有关，这样容易通过加权处理获得良好的控制效果，运算效率较高。每次仅输出控制增量，即对应电机转速变化量，故障时影响较小。 P 太大就会导致超调效应， D 太大则会产生震荡， I 值有积累效应，局部使用^[5]。

1.5 工作原理

工作前，检查小车电源情况及LED灯带轨迹情况，在一切准备工作做完之后，可以根据运输需求将灯带轨迹进行亮/灭处理，从而催使小车开始运输。原理如图3所示。在运输时，首先人工将待运输的货物装载在小车上，并且下发运行指令，小车的摄像头开始检测灯带轨迹的亮/灭。当小车未接收到运行指令或者未检测到灯带轨迹时，其警示灯为常亮；当小车检测到点亮的LED灯带轨迹时，小车则开始运行。当小车运行到指定位置时，由人工卸货。当人工卸货完成时，人工则下发返回指令，小车边原路返回至送货初始点，此时，轨迹熄灭，等待下一个工作周期的开始。在小车运行当中，当小车检测到弯道时，小车通过内部程序的设定，同样会进行转弯动作，沿着轨道运行。

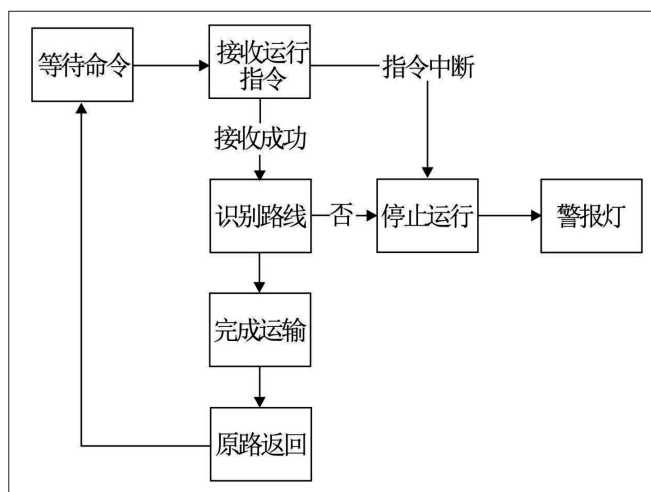


图3 系统工作原理图

2 应用领域

随着经济以及科技的发展，智能化技术逐渐融入生活以及各工作车间；随着智能化控制技术的引入，各个车间对于控制和效率的要求也不断提高。因此，智能循迹物流小车的引入也成为了智能化工作车间的突破之一。目前类似于智能循迹物流小车的产品，多用于智能仓库以及零件制造车间的运输。鉴于此，循迹物流小车不仅仅可以应用于工作量高、信息分类多、信息量大的物流智能仓库，同时，也可以应用于制造车间零部件运输、医疗制造车间产品运输、食品制造车间食品运输等有平稳、安全、卫生需求的作业车间，以提高工作效率以及质量保障^[6]。

3 结语

智能循迹小车的设计包括原理设计以及软硬件设计，通过利用简单的信号灯代替传统嵌入铁轨以及带有一定干扰性的电磁导线作为小车的循迹轨迹；通过控制

信号灯的亮 / 灭来控制小车的运输轨迹,这也是小车的主要创新所在。结合实际应用市场,可知诸如此类的智能小车以及机器人被广泛用于高要求、高质量的运输车间,因此该设计在将智能技术融入产品运输方面也有一定的推动作用^[7]。

基金项目: 武汉商学院大学生创新创业训练项目: 智能循迹物流小车, 项目编号: 201811654032。

参考文献:

[1] 李坤阳, 张惠岭. 智能船舶岸电远程控制系统的研究[J]. 船电技术, 2022, 42(03): 57-60.

[2] 毛祖光, 杨洁. 自循迹智能小车控制系统的设计与实现[J]. 科技风, 2022(14): 7-9+69.

[3] 杨宇. 基于单片机的 2 种 PWM 控制算法探析[J]. 有色金属设计, 2021, 48(03): 71-73.

[4] 廖广益. 基于 STC 单片机直流电机 PWM 调速[J]. 商业故事, 2018(23): 98.

[5] 黄凯龙. 基于飞思卡尔单片机的智能车及其调试系统设计[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.

[6] 黄志明. 从物流机器人系统看智能仓库升级发展[J]. 物流技术与应用, 2022, 27(05): 147-149.

[7] 李敬新. AGV 小车在智能制造标准化中的应用[J]. 品牌与标准化, 2022(04): 13-14+17.

(上接第 4 页)

下可以在常规场景和工况中运行,但仍存在少部分长尾问题亟待解决。平整作业管理平台为推土机提供了另一层冗余安全保障,当监控到作业区域存在难以感知及预料的安全风险,及时提醒推土机驾驶员及周围的交通参与者,保障现场安全作业^[5]。

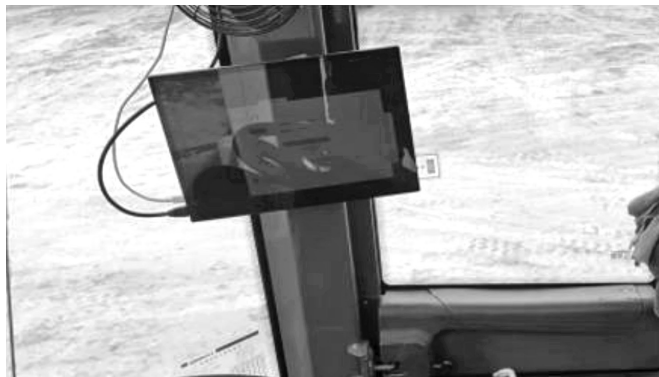


图 5 智能推土机驾驶室

3 结语

针对我国露天矿用推土机在矿区的作业任务、工作场景和智能化需求,本文设计了推土机智能集成套件和推土机人机交互智能终端,提出了一种面向露天矿用的集端、网、云为一体的智能推土机辅助驾驶系统总体架构,并设

计了辅助作业系统、环境建模系统、安全预警系统、生命周期管理系统和平整作业管理平台的完整方案。智能推土机辅助驾驶系统的实施应用,可以有效促进露天矿用推土机的智能化改造,助力露天矿山工程机械的智能化转型。

参考文献:

[1] 高利敏, 曹燕朝, 周杨, 等. 露天矿山自动驾驶技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2021(15): 13-15.

[2] 付恩三, 刘光伟, 邸帅, 等. 露天矿山无人驾驶技术及系统架构研究[J]. 煤炭工程, 2022, 54(01): 34-39.

[3] 黄智煌, 邬娜, 仇巍巍. 基于 3D GIS 和物联网的智慧矿山三维可视化系统设计与实现[J]. 自然资源信息化, 2022(02): 50-56.

[4] 陈杰. 智慧矿山多系统传感层设备融合关键技术[J]. 煤矿安全, 2022, 53(07): 119-125.

[5] 李亚林, 宁浩, 李金典, 等. 平朔东露天矿智能化矿山建设的研究与应用[J]. 露天采矿技术, 2022, 37(03): 36-39.

作者简介: 杨国云(1981.07-), 男, 汉族, 湖南湘乡人, 大专, 工程师, 研究方向: 水泥、骨料露天矿山工程机械管理。