

基于磁导航和RFID传感器的AGV小车的实现

山东交通学院信息科学与电气工程学院 孙启贺 王常顺

DOI:10.19353/j.cnki.dzsj.2019.08.076

针对生产生活搬运系统中的人力资源浪费和效率低下等问题,本文设计一款多功能的磁导航AGV。小车路径识别采用磁条铺设,利用检测到的磁感应信号和差速PID增量位置调节算法实现可靠精确地循迹导航;在分岔点通过RFID标签的标记来解决路径选择问题,让AGV能准确到达指定位置;加入超声波避障传感器,防止AGV碰壁受损。经测试,该AGV小车能够准确的实现各个功能。

1. 引言

自动导引小车(Automated Guided Vehicle, AGV)是一种自动路径识别跟踪线路的搬运设备,在工业现代化中应用广泛。未来,AGV的研发将会越来越信息化和智能化,在社会工业中的发展起着关键重要的作用。本文研发一款集与多种传感器于一身的智能AGV,以应用于工业生产中的搬运。

2. 差速AGV运动学模型建立

2.1 差速驱动原理

差速驱动AGV是靠分布在车体两侧的驱动轮作为单独控制,通过控制两侧车轮的不同角度,使AGV实现转弯或直行,从而实现路径规划,差速转向AGV原理如图1所示。

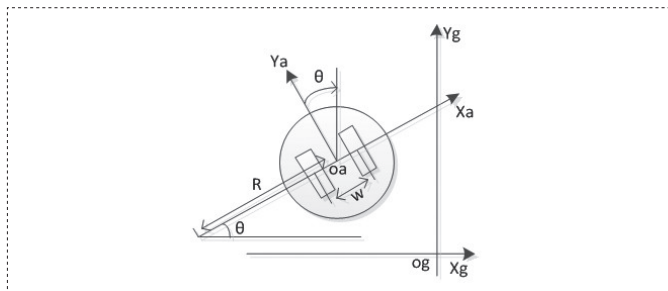


图1 差速转向AGV原理

R代表AGV转弯时的瞬时曲率半径;W代表AGV两轮旋转轴间距; θ 表示转弯角度,大地坐标系设定为 xoy_g ,AGV的坐标系设定为 xoy_a 。

可以得出在AGV坐标系 xoy_a 中的运动方程:

$$\begin{aligned} v_x &= 0 \\ v_y &= \frac{v_r + v_l}{2} \\ \dot{\theta} &= \frac{v_r - v_l}{w} \end{aligned} \quad (1)$$

其中: v_l 为左轮速度, v_r 为右轮速度,把AGV坐标变换到大地坐标系统中 xoy_g 中,则运动方程为:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -\frac{v_r + v_l}{2} \sin \theta \\ \dot{y} &= \frac{v_r + v_l}{2} \cos \theta \\ \dot{\theta} &= \frac{v_r - v_l}{w} \end{aligned} \quad (2)$$

从式(1)可以得出,如果设定 $\Delta v = v_r - v_l$,在AGV沿着纵向轴线速度恒定的条件下,则瞬时转弯半径为:

$$R = \frac{w(v_r + v_l)}{2(v_r - v_l)} = wv_y \Delta v \quad (3)$$

由此可见,式(3)是磁导引AGV的差速转向控制依据。在AGV行驶过程中,通过控制等式右边的 Δv ,就可以控制转弯的角度即瞬时转弯半径,当然,当 $\Delta v \rightarrow 0$ 时,则有 $R \rightarrow \infty$,AGV则走直线。因此差速导引的控制原理就是寻找 Δv 与传感器信号之间的关系,进而设计路径跟踪控制算法。

2.2 差速PID控制器的数学模型

差速控制系统采用离散型,其中PID控制器的输入、输出是离散采样。PID控制器表达式采用位置式:

$$u(k) = K_p \left\{ e(k) + \frac{1}{T} \sum_{j=0}^k e(j) + T_D [e(k) - e(k-1)] \right\} \quad (4)$$

式中: $u(k)$ —控制器输出; $e(k)$ —控制器输入; K_p —比例放大系数; T —积分时间常数; T_D —微分时间常数;

式(4)为PID控制算法公式,其缺点是:控制方式单一,控制器的输出与自身的控制变量有关,与之前状态无关,并且要对 $e(k)$ 进行累加计算,运算过程复杂,要求CPU具有较高的运算能力,严重影响PID控制器的鲁棒性。在实际采用增量式控制算法,有利于解决上述问题(朱时杰,自动导引车的路径跟踪控制研究:北京化工大学,2017)。

增量式控制器输出的是每一步的控制增量。

$$\Delta u(k-1) = K_p \left\{ e(k-1) + \frac{1}{T} \sum_{j=0}^{k-1} e(j) + T_D [e(k-1) - e(k-2)] \right\} \quad (5)$$

式(4)减式(5)得:

$$\Delta u(k) = K_p \left\{ [e(k) - e(k-1)] + \frac{1}{T} e(k) + T_D [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \right\} \quad (6)$$

公式(6)为增量控制算法,计算简单,无需累加,增量 $\Delta u(k)$ 仅需要3次采样值,提高了CPU运行速度,加速系统响应。

2.3 确定控制器结构

本文设计控制器的输入量为位置偏差 e 及其变化率 e_c ,输出量为被控电机的PWM占空比。控制器为双输入—单输出的二维结构如图2所示。

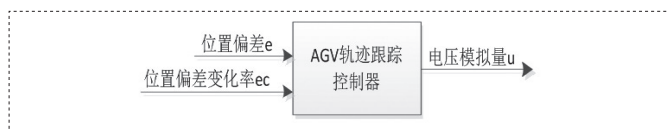


图2 轨迹跟踪控制器结构

3. 硬件系统总体设计

3.1 系统总体结构

AGV以STM32F103RBT6芯片作为控制核心（项贤军，周荣晶，王才峰，基于STM32的智能探测小车控制系统设计：电子测量技术，2016），步进电机和驱动器作为动力部分，磁导航传感器、RFID标签传感器有路径识别功能，2个超声波模块有车头防撞功能，AGV系统结构如图3所示。

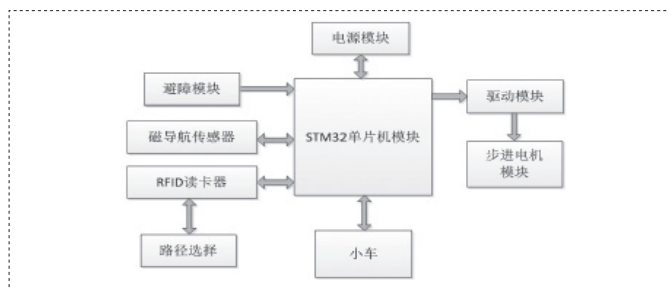


图3 AGV系统结构框图

3.2 驱动模块

AGV驱动部分采用86BYG250H步进电机和DM422雷赛电机驱动模块，主控板对驱动器输出PWM信号控制直流无刷电机，刹车迅速，能够满足实际需求，图4所示为单片机驱动电机模块控制图。AGV采用差速驱动的方法，车体轴线两边有固定的驱动轮驱动，通过两轮的差速来实现转弯。车体可以实现前进后退、原地自旋，并且其左右转弯的最大转角可以超过 180° ，选取差速驱动的方法具有较高的适应性。

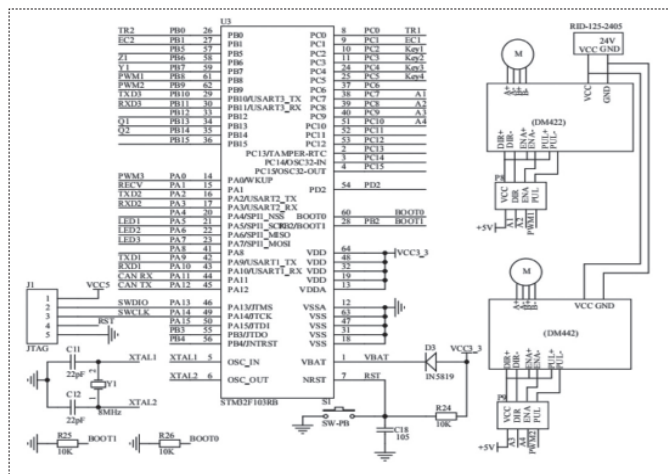


图4 单片机驱动电机模块控制图

3.3 传感器模块

AGV利用的是磁导航传感器以及RFID标签传感器来完成循迹和定位的作用（马依婷，贾小林，李春燕，郭成涛，顾娅军，基于RFID的大型停车场泊车导航系统的设计：物联网技术，2018）。

磁条导引有很多的优点，其中定位精准、基本原理易理解、抗各种外界条件的能力影响，所以在AGV中应用很多。在车辆行驶过程中，磁导航传感器的作用是实时反馈AGV的坐标，由于循迹算法的加持，磁导航传感器应该一直处在磁条的正上方位置。RFID的解释是一种不直接接触的智能识别方法，它也有很多优点：读写长度长、读写时间短、特别是还可以读写实时位置变化的目标，所以利用RFID来记录站点坐标，而且把RFID传感器装置在车辆中间并尽可能地离磁导航传感器前方距离较近的点，以便于可以方便快捷的选取分叉口的路径。另外还考虑了AGV是否安全，于是在车辆的四个角的位置加装了2个超声波模块，在AGV工作阶段中碰到障碍物的时候，会采取急停措施，防止碰到它，最后在清除障碍物后，会继续沿着历史路径工作；除此之外，如果磁导引传感器探测不着地面上的词条时，就把此定义为不安全状态，AGV会立即采取措施急停，引发车辆警报，防止安全事故的发生（谭雪，戴更新，应用于物流AGV磁导航传感器的研究：物流科技，2017）。如图5所示AGV小车机械结构图。

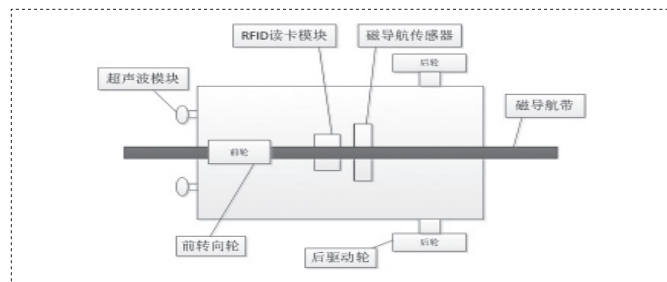


图5 AGV小车机械结构图

4. 软件系统设计

4.1 循迹导航

在AGV工作过程中，控制器利用磁导航传感器来实时的采集信号样本，得到AGV的坐标位置偏移，通过差速调节这一途径，在得到车体靠左偏移的时候，就会操纵车辆左边的轮子加快转速，使车体往右，到没有偏差为止；在得到车体靠右偏移的时候，就会操纵车辆右边的轮子加快转速，使车体往左，到没有偏差为止。操控算法利用的是增量位置式可调节的PID，因为偏差的大小是不一样的，不同的偏差采取相异的PID参数，使其更灵活更加精准（雷川川，新型AGV驱动单元关键技术研究：郑州大学，2017）。在拐弯的地方，因为坐标偏差会加大，所以利用代码操控PID的输出量，来控制左右车轮反向差速，使拐弯的力度变大，缩减拐弯的圆周半径，使循迹更加精准无误。

4.2 障碍物避障

本文中的AGV选用超声波避障传感器HC-SR04作为避障功能传感器，在AGV工作中当遇到障碍物及工作人员并且遇到的障碍物相距1m时，AGV小车会停车并报警。超声波模块固定在小车的正前方，用来检测正前方的障碍物，超声波的信号回传使用了输入捕获，其测距范围为2cm-450cm。

4.3 路径选择

AGV小车在分岔路口通过识别RFID感应卡进行路径选择，RFID感应卡放置在路径分岔点上且RFID有标记路径选择方向的功能。

（下转第142页）

表1 数字特征表

数字	A段	B段	C段	D段	E段	F段	G段
0	1	0	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1
3	1	1	1	0	0	1	1
4	0	1	0	1	0	1	1
5	1	1	1	1	0	0	1
6	1	1	1	1	1	0	1
7	1	0	0	0	0	1	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1	1

3.2 其他字符的识别

仪表的字符中有数字1、负号（“—”）、小数点（“.”）、逗号（“，”）四个个字符。对这四个字符识别依据其高宽比以判断字符类型。高宽比公式如下：

$$Q = \frac{h}{w}$$
 (9)

Q为高宽比，h为字符的高度，w为字符的宽度。

当Q<0.7时，字符为负号（“—”）。

当0.7≤Q<1.7时，字符为小数点（“.”）。

当1.7≤Q≤3时，字符为逗号（“，”）。

当3≤Q≤8时字符为数字1。

4. 实验结果

此数字识别系统的开发环境为VS2010+Opencv2.4，系统界面如图6所示，本实验选取了1200张不同环境，不同类型的仪表数字作为实验样本。图

像来源为实验室的仪表，其识别率和速度如表2所示：



图6 系统界面

表2 识别率及识别速度

样本数目	正确识别数	识别率	识别时间
1200	1199	99%	40ms

结果表明，此设计采用的穿线法识别率高，识别速度快的优点。

5. 结论

针对仪表数字识别算法识别率与速度的双重问题，综合考虑数字识别的特点，设计采用穿线法识别数码管数字，具有较高的识别速度与正确率，具有很好的实时性。

作者简介：于海跃（1992—），男，硕士研究生，主要从事精密仪器及机械研究。

（上接第139页）

能，如图6所示为AGV小车路径选择分析图，为了防止在分岔路口误循迹操作，本方案事先在射频识别（RFID）标签里写入相应的数据信息，以A点为例当AGV经过分岔路口时，单片机读取数据信息，选择正确的道路（程航，AGV小车轨迹跟踪控制策略的研究：合肥工业大学，2016）。

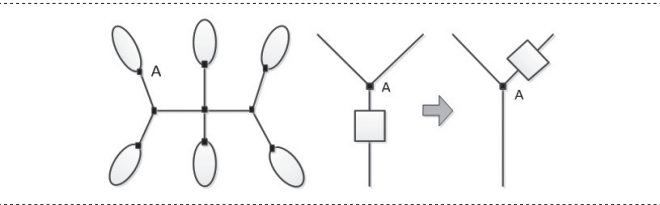


图6 AGV小车路径选择分析图

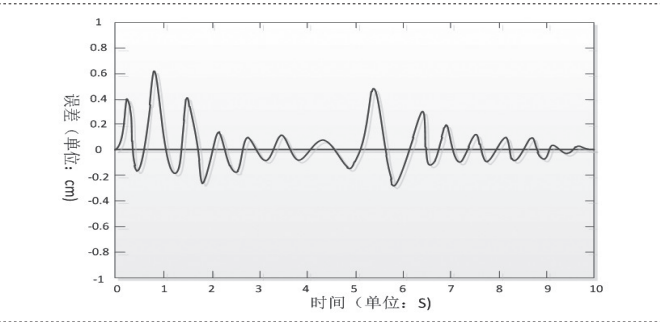


图7 AGV实际跟踪轨迹误差曲线图

5. 综合实验调试

磁导航AGV在差速PID控制器的控制下，实际跟踪轨迹与理想跟踪轨迹最高出现0.6cm位置偏差，偏差范围较小，时刻在6.5秒后AGV跟踪轨迹基本平稳运行。如图7所示为AGV实际跟踪轨迹误差曲线图。

经调试，在用磁条铺好的导引路径上，AGV能够实现精准循迹，避障功能均能较好实现。如图8所示为AGV实物图。



图8 AGV实物图

6. 结论

本文基于STM32F103RBT6设计了一种磁导航AGV控制器，经过硬件改进和长时间的软件调试，实现了AGV的基本功能：在路径识别功能基础上，实现精准循迹，达到任务调度，该系统稳定可靠，达到了预期目的。

作者简介：孙启贺（1993—），男，硕士研究生，主要从事船舶电子电气与自动化研究。