

轮式智能小车行驶距离和速度的检测

王 俭

(苏州科技学院 电子与信息工程系, 江苏 苏州 215011)

摘 要: 采用由黑白间隔条纹码盘和红外发射接收装置组成反射式增量编码器, 将 2 个反射式增量编码器以一定角度安装组成相位编码器, 适当选择 2 个编码器的采样频率、中断方式, 通过驱动程序来测量基于 Handyboard 主板的智能小车的进退的距离和速度。实验表明: 200 cm 距离内以不大于 25 cm/s 速度行驶, 测量结果具备用于估计小车位置、姿态的条件, 也具备用其进行路径规划、导航以及其他一系列小车行为的条件。

关键词: 智能小车; 行驶距离; 速度测量; 相位编码

中图分类号: TP242.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-9787(2005)07-0066-03

Distance and speed measurement of intelligent dolly with wheels

WANG Jian

(Dept of Elct and Info Engin, University of Science and Technology, Suzhou 215011, China)

Abstract: Reflecting increment encoder consisting of black-and-white stripe code tray and infrared emitter-receiver is made, then quadrature encoder is constructed by installing two increment encoders in proper angle. The output values of quadrature encoder is tested by single-chip computer in interrupt mode, and the drive distance and speed of intelligent dolly based on Handyboard is calculated. The experiment shows that the measuring results can be applied to position estimation, path planning and navigation in the distance of 200 cm and at the speed of <25 cm/s.

Key words: intelligent dolly; drive distance; speed measurement; quadrature encoding

0 引言

智能小车行驶距离的测量是确定其他一系列数据(如, 速度、位置、姿态等)的基础; 也是其完成路径规划、导航以及其他一系列行为的基础。轮式智能小车通常使用编码器^[1]作为行进距离的传感装置, 使用红外线、超声波、碰撞开关、可见光、激光或摄像头等作为导航定位的传感装置。智能小车根据测得的行驶距离和速度以及其他多种传感器的测量数据, 通过航位推算法^[2]来估计自己的位置和姿态, 并将其作为导航和其他行为的基础。

编码器通常安装于轮式智能小车的驱动轮或轮轴上。常用编码器有透射式和反射式 2 种。本文用 P8557 红外传感器和黑白条纹码盘制作成反射式增量编码器, 将 2 个反射式增量编码器以一定角度安装组成相位编码器, 适当选择 2 个编码器的采样频率、中断方式, 通过驱动程序来测量基于 Handyboard 主板的智能小车的前进和后退的行走距离。实验表明: 最大距离误差为 3.3 cm, 最大速度误差为 1.3 cm/s, 具备用于估计小车位置、姿态以及其他一系列智能小车行为的要求。

1 小车距离和速度检测原理

反射式增量编码器由一个码盘和一对红外发射接收装置组成。码盘贴在驱动轮的轮盘上, 红外线发射器和接收器位于码盘同侧。当发射器发射的红外光投射到码盘的黑白条纹上时, 将被间隔地反射至接收器, 接收器输入端将收到与轮子转速成正比的光脉冲频率信号, 从而在接收器输出端产生一定频率的电脉冲信号, 再通过微处理器对电脉冲计数就可以算出小车的移动距离。小车的行驶距离 L 由下式计算

$$L = \frac{\pi D}{n} \cdot n_x,$$

式中 D 为驱动轮外径; n 为码盘的黑白条纹数; n_x 为实测的电脉冲正负跳变次数。本文采用的码盘有 32 道黑白条纹, 轮子直径为 55 mm。小车的行驶速度 v 为

$$v = L/t,$$

式中 t 为时间。

2 Handyboard 主板和 P8557 红外传感器

2.1 Handyboard 主板

Handyboard 是专门用于轮式移动机器人控制核心的开

放式主板。它主要包括:

- a. 8 位 Motorola 68HC11A1FN 微处理器;
- b. 32 k RAM;
- c. 2 片可驱动 4 个直流电机的 L293D 芯片;
- d. 16 x 2 LCD;
- e. 7 个模拟输入和 9 个数字输入/输出。

2.2 P8557 红外传感器

P8557 传感器内置红外线发射管和光敏集成电路,光敏集成电路包括光敏二极管、输入放大器、Schmitt 触发器和输出放大器。传感器的输出端可和 68HC11 的数字输入、PA 的输入口及 PE 模拟输入口相连。

将 32 道黑白条纹圆形码盘粘贴于驱动轮上,码盘圆心与驱动轮轴重合,红外传感器固定在距码盘表面 2 mm 处,构成反射式增量编码器。

2.3 P8557 传感器和 Handyboard 的连接

如图 1 所示,P8557 输出端和 68HC11 的 PE 口相连,可以在程序中设置低电平和高电平的门限值,如,高电平值大于 4.5 V,低电平值小于 0.5 V,则当 P8557 输出端在高电平和低电平之间跳变时,只有在 PE 口得到的模拟输入电压从大于 4.5 V 变成了小于 0.5 V 或从小于 0.5 V 变成了大于 4.5 V,程序才认定 P8557 输出端确实出现了一次高低电平之间的跳变。而若用 68HC11 的 PA 口进行检测,则当电压大于 2.5 V,即被认为是高电平,小于 2.5 V 即被认为是低电平。两相比较,用 PA 口检测程序简单,但容易因干扰而导致程序对跳变次数进行误计数,而用 PE 口则能很好地避免该问题。

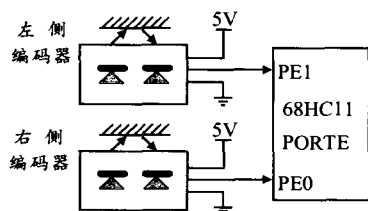


图 1 P8557 和 PE 口相连

Fig 1 P8557 connected with PE

3 简单编码器的驱动程序

上述由 P8557 传感器构成的编码器为简单增量型编码器。通过程序检测 P8557 输出端的电压变化次数,如果检测频率过慢,则可能造成漏测。本文所用驱动轮转速最大为 87.5 r/min,而驱动轮每转一圈,程序需至少检测 32 次,即检测频率不能低于 47 Hz。当然,检测频率也无需过快,那样会检测出过多的无变化信号去占用宝贵的存储资源。考虑保证检测数据的可靠性,将检测频率设置为 250 Hz。本文通过 68HC11 的时钟中断来实现程序的定时检测。在 Handyboard 主板上 LCD 的显示采用时钟 TOC4 来控制,中断程序执行的频率为 1 000 Hz。确定的检测频率为

250 Hz,因而,可以和 LCD 共用时钟 TOC4。即执行 4 次 LCD 中断程序,执行 1 次编码器检测程序。因 TOC4 已被系统使用,在原有中断程序基础上插入编码器中断程序。当新中断程序被调入时,将原先 TOC4 中断矢量入口地址转至新中断程序结束跳转位置,即原中断程序将被连接于新中断程序之后,程序执行时,先执行编码器中断程序,后执行原中断程序。

中断嵌入模块首先由寄存器 D 调入原 TOC4 中断矢量入口位置,并将原中断矢量入口位置保存,即新中断程序出口跳转位置,然后,调入新中断程序入口位置。使用这种中断嵌入方法可以大大节约 68HC11 的中断计时器的资源,使多个中断程序共享 1 个中断计时器。中断程序流程图见图 2。

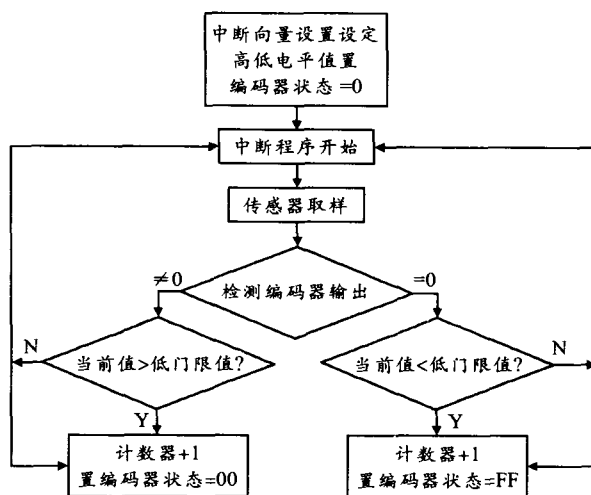


图 2 中断程序图

Fig 2 Diagram of interrupt program

4 相位编码器及其驱动程序

4.1 相位编码器工作原理

增量型编码器的这种简单运用存在无法检测出驱动轮转动方向的缺点,即无论驱动轮正转或反转,驱动程序都是同样累加计数。相位编码器可以解决这一问题,在相位编码器中,将用 2 个增量型编码器同时测量一个驱动轮的转速,但安装位置偏移一个角度,如图 3,使它们产生的波形相位相差 1/4 周期。在任一时刻,只可能有 1 个编码器的输出状态发生变化,根据 2 个编码器状态的变化趋势,可以判断出驱动轮的转动方向。相位编码器运用于轮式智能小车的行驶距离检测,其检测结果可作为航位推算法的重要依据。

为了产生 1/4 周期相位差的波形,2 个编码器输出信号同时被连续采样,每次采样所得状态和前一次采样状态进行比较。当采样频率足够快时,2 个编码传感器状态反复变化中,在任何同一时刻只可能有 1 个编码器状态发生变化,通过与前次采用结果的比较,就能判断驱动轮旋转方

向。

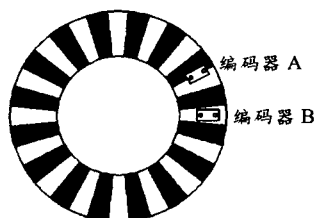


图3 相位编码器的安装位置

Fig 3 Mounting of quadrature encoder

设2个编码器历次采样状态如图4所示。若第一次检测编码器AB的状态是10,则若第二次采样编码器状态AB=00时,意味着码盘逆时针转动,令位置计数器加1;而若编码器状态AB=11时,意味着码盘顺时针转动,令位置计数器减1。

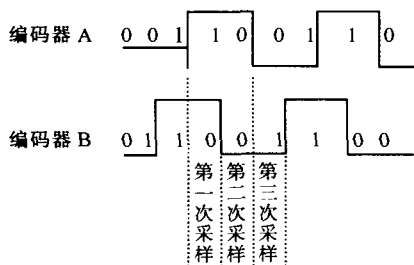


图4 相位编码器相位图

Fig 4 State transition diagram in quadrature encoder

图5是相位编码器状态转换图,2个编码器输出AB共有4个可能的前次采样状态及4个当前采样状态。如最后一次和当前采样状态相同时,不进行任何操作;当1个编码器状态位发生变化时,位置计数器将加1或减1操作;如2位同时变化时,表示系统出错,如转速太快来不及采样或2个传感器安装位置无1/4周期相位角偏差。

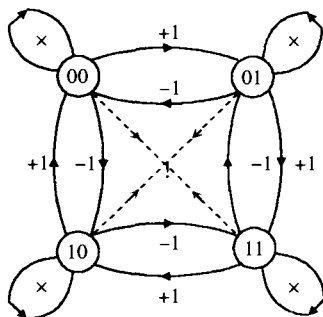


图5 相位编码器状态转换图

Fig 5 State transform diagram of quadrature encoder

4.2 相位编码器的驱动程序

相位编码器信号处理和无相位编码器一样,同样需微处理器连续不断地对2个传感器进行采样,故驱动程序仍采用中断方式,仍采用和无相位编码器同样的中断程序插入方法,使用中断时钟TOC4。根据图5的状态图,程序通过查表方式执行计数器动作。中断程序调入后,先进行中

断程序初始化,即插入相位编码器中断程序。执行主中断程序时,先调入编码器状态转换图地址至寄存器X,然后,对编码器取样,并将当前相位编码器状态存入寄存器B中,并将寄存器B左移1位,因而,寄存器B中的数值可能位0,2,4或6,这是编码器状态转换图4个块的块内地址偏移量。再将寄存器B调入上一次相位编码器取样状态,左移3位,因而,寄存器B中的数值可能为0,8,16和32,这是编码器状态转换图4个块的块地址偏移量,将块内地址偏移量和块地址偏移量加入寄存器X中,由寄存器X指向编码器状态转换图中的值(0,+1,-1),最后,程序执行累加操作。

5 实验及其结果分析

本文以 Handyboard 主板为核心制做了智能小车,三轮结构,两前轮驱动,后轮为万向轮,并用其进行了前进和后退直行的多次实验。实验方案为:当 Handyboard 通过编码器测得行驶距离为某整数时,令小车停车,该距离为理想行走距离,除以时间即得理想行走速度。实际测量行驶距离并除以时间,即得实际速度。由于时间为同一数值,故理想距离和实际距离的相对误差等于理想速度和实际速度的相对误差。

驱动轮转速取 57.5,87.5 r/min 2 个值,理想行走距离取 50,200 cm 2 个值,实验次数为 8 次。实验所测得的数据见表 1。

表1 距离和速度测量实验的数据

Tab 1 Experimental data of distance and speed measurement

距离/速度	选取的驱动轮转速 (r/min)							
	前 进				后 退			
	57.5		87.5		57.5		87.5	
理想行走距离 (cm)	50	200	50	200	50	200	50	200
实际测量距离 (cm)	48.4	198.1	48.2	197.9	47.3	197.0	47.0	196.7
理想行走速度 (cm/s)	16.6	16.6	25.2	25.2	15.7	15.7	24.3	24.3
实际测量速度 (cm/s)	16.0	15.8	24.3	24.0	15.0	14.4	23.1	23.0

实验表明:最大距离误差为 3.3 cm,最大速度误差为 1.3 cm。引起误差的原因是:首先,是传感器精度和小车机械精度引起的系统误差;其次,是由小车行走路线轻微地在直线两边摆动造成随机误差;还有后退行走开始时由万向轮偏转引起的附加误差。前两项误差可以通过程序设置予以消除,后一项误差也具有系统误差和随机误差的一定特征,也可以在一定程度上予以减轻,当然,还要根据其他传感器的测量数据综合修正。

(下转第 75 页)

体的测试数据进行处理后(处理方法同上),输入网络进行仿真估计,其仿真结果见图3。从图中所示的异丙醇估计体积分数和真实体积分数可以看出:绝大多数异丙醇气体的体积分数估计值与其真实值绝对误差较小,只有少数点出现较大偏离(如第25,26数据点,该点较大误差可能主要来自神经网络本身)。其中,异丙醇体积分数估计值与其真实值相比,平均相对误差 $<2.14\%$,最大相对误差为 7.0% (第3数据点)。由此可见,单个气体传感器动态检测,通过小波变换与BP神经网络相结合的方法能够较好地估计待测气体的体积分数。

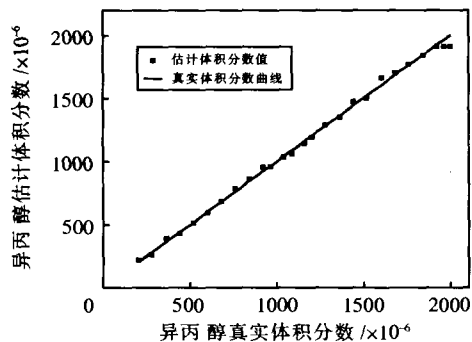


图3 异丙醇气体的体积分数的仿真估计结果

Fig 3 Predicted results of propane-2-ol gas volume fraction

(上接第68页)

6 结束语

本文采用2个简单反射式编码器安装成相位编码器,并将其运用于轮式智能小车的行走距离测试。实验结果表明:在200 cm距离范围内,小车以不大于25 cm/s速度行驶,小车具备用于估计其自身位置、姿态的条件,也具备用于进行路径规划、导航和定位以及其他一系列行为的条件。

(上接第71页)

通过对文献[6]和本文算法的分析得出,改进的算法物理意义更加直接明了,且计算速度更快。这是因为:假设当目标数为 m ,目标属性数为 $n(m \geq n)$ 时,其计算复杂度由 m^2 降为 n^2 ,大大提高了计算速度。

4 结论

本文阐述了一种基于D-S理论的多传感器目标属性识别的改进算法,通过对这种算法进行目标敌我属性识别的仿真,结果表明:该算法是有效的。由于改进的算法利用了信任函数和基本可信度分配的关系,这使得它在融合过程中删除了冗余数据,并对有效的数据进行了组合,因而,相比更具有可分析性和高效率的优势。这种在数据融合的过程中对数据进行适当处理的思想在目标识别和分类中是十分有用的。

参考文献:

- [1] 曲东才. 敌我识别系统的发展及给我们的启示[J]. 航空科学

3 结论

本文将气体传感器动态检测与人工神经网络相结合,对3种有机气体进行定性识别和体积分数估计。对试验采集到的气体样本数据进行小波变换和归一化处理,用于网络训练和仿真识别。结果表明:该方法对3种有机气体的正确识别率达到100%;将响应信号小波变换系数幅值进行全局归一化处理,输入神经网络,成功实现对有机气体的定量分析,为今后在有湿度影响和混合气体中检测目标气体的研究奠定了基础。

参考文献:

- [1] Ortega A, Marco S, Perera A, et al. An intelligent detector based on temperature modulation of a gas sensor with a digital signal processor[J]. Sensor and Actuators B, 2001, 78: 32-39.
- [2] 黄行九. SnO₂ 气体传感器动态测试原理及其与SPME联用技术研究[D]. 合肥:中国科学院智能机械研究所, 2004. 33-34.
- [3] 张晓文, 杨煜普, 许晓鸣. 基于小波变换的特征构造与选择[J]. 计算机工程与应用, 2003, 19: 25-28.

作者简介:

黄家锐(1976-),男,安徽寿县人,现在中国科学技术大学化学系攻读博士学位,主要从事敏感材料和检测技术的研究。

参考文献:

- [1] 马净, 王峰, 李晓光, 等. 编码器原理及应用[J]. 中国仪器仪表, 2002, (5): 43-44.
- [2] 白井良明. 王棣棠(译). 机器人工程[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 117-118.

作者简介:

王俭(1956-),男,安徽蚌埠人,副教授,研究领域为传感器及其应用。

技术. 2003, 5: 36-38.

- [2] Delmotte F, Smets P. Target identification based on the transferable Belief model interpretation of Dempster-Shafer model[J]. IEEE Trans on System, 2004, 34(4): 457-471.
- [3] 朱大奇, 于盛林. 基于D-S证据理论的数据融合算法及其在电路故障诊断中的应用[J]. 电子学报, 2002, 30(2): 221-223.
- [4] 柳毅, 陈红林. 证据理论与模糊神经网络相结合的身份估计方法[J]. 火力与指挥控制, 2003, 28(1): 29-32.
- [5] 蓝金辉, 马宝华, 蓝天, 等. D-S证据理论数据融合方法在目标识别中的应用[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 41(2): 53-59.
- [6] 李永田, 李蔚恒, 潘昕. 多传感器多级数据融合的敌我识别估计[J]. 传感器技术, 2003, 22(4): 51-53.

作者简介:

李斌(1979-),男,河北新乐人,桂林电子工业学院计算机系硕士研究生,主要研究方向为数据融合和智能控制。