

基于特征提取的分离循迹智能车系统*

林康¹,肖建²,成谢锋²

(1.南京邮电大学理学院,江苏南京210046;

2.南京邮电大学电子科学与工程学院,江苏南京210046)

摘要: 目前循迹智能车的跑道识别都依赖于跑道上的特殊标志,一旦识别失败,小车将脱离原有道路。针对该现状,提出一种基于图像特征提取的循迹方案。该方案将循迹信息与跑道分离,循迹系统由信息采集和动作执行两部分组成。将目标路线图画在透明亚克力板上,通过 CCD 摄像头采集图像,利用 MC9S12XS128 单片机对图像数组进行边缘提取和角点检测得到路径信息,然后将路径信息经无线模块 NRF24L01 发送给智能车,通过精确的缩放比例将绘图区域映射到实际路径,完成分离循迹。行驶过程中无需判别跑道特征。

关键词: CCD 摄像头;边缘提取;角点检测;分离循迹

中图分类号: TP212

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)10-0084-03

Separation-tracking intelligent car system based on feature extraction

Lin Kang¹, Xiao Jian², Cheng Xiefeng²

(1.College of Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China;

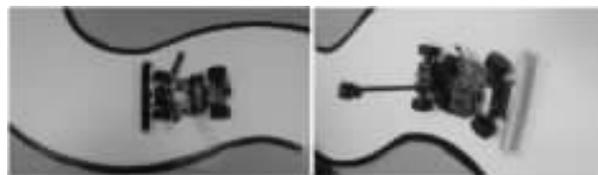
2.College of Electronic Science & Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

Abstract: Nowadays, tracking intelligent car's runway identification depends on the special sign on it. Once the identification fails, the car will be uncontrollable. Aiming at this situation, a method based on the feature extraction is proposed in this paper. The scheme separates the tracking information from runway, which consists of information collection part and execution part. The route chart is painted on a transparent acrylic board, which will be captured by the CCD camera. Then the MCU MC9S12XS128 will recognize the routing information by edge extraction and corner detection. After that, routing information is sent to the intelligent car by wireless module NRF24L01. To complete the separation-tracking, the drawing area is mapped to the actual route through the precise scaling. There is no necessary to distinguish the feature of runway during the moving process.

Key words: CCD camera; edge extraction; corner detection; separation-tracking

循迹智能车的形式多种多样,根据传感器的不同,可以分为红外循迹、激光循迹、摄像头循迹以及电磁循迹等^[1]。循迹原理虽各不相同,但其实现都依赖于专用跑道,即贴有黑色胶布的 KT 板或者铺有通电导线的路面等,如图 1 所示。

本文提出一种基于图像分析的分离循迹方案,使智能车摆脱专用跑道的限制。该方案利用摄像头采集路径信息,将路线图包含于一幅图像内,经边缘提取和角点检测取得路线的长度和方位角,然后通过无线模块 NRF24L01 将数据发送给智能车。智能车利用地磁传感器 HMC5883L



(a)摄像头循迹

(b)激光循迹

图 1 两种循迹方式

检测方位角,控制小车按照计算路径行驶,而且行驶过程中无需多次判断路径特征;此外,可利用行驶前获得的路线图信息优化智能车控制算法,提升小车行驶速度。

1 系统设计

系统整体方案框图设计如图 2 所示。

* 基金项目:国家自然科学基金(61271334)

应用奇葩

Example of Application

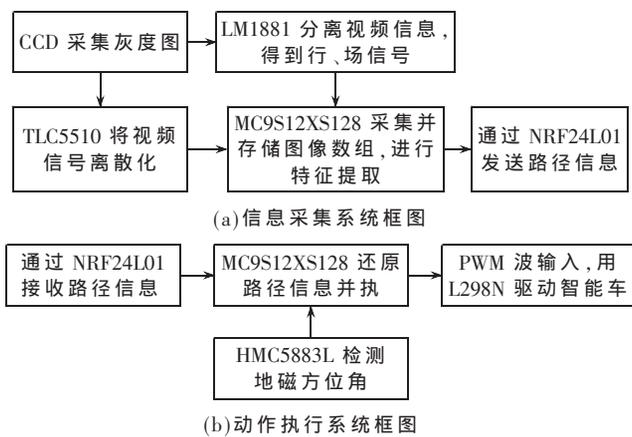


图2 系统框图

1.1 主控芯片 MC9S12XS128

本系统选用飞思卡尔 HCS12 架构的 16 位单片机 MC9S12XS128 为主控芯片, 拥有 128 KB 的 Flash, 以及 8 KB 的 RAM, 片内集成 SPI 接口、增强型定时器 ECT (Enhanced Capture Timer) 以及 PWM 模块等。通过设置锁相环 (PLL) 寄存器, 可以将总线时钟提高至 80 MHz, 大大加快图像处理的速度。

1.2 图像采集硬件设计

将透明亚克力板支撑于 CCD 摄像头正上方, 作为绘图区, 使用黑色油性笔画下智能车的路线图供 CCD 摄像头采集, 实物如图 3 所示。



图3 分离循迹系统实物图

图3 分离循迹系统实物图

本系统采用的 CCD 摄像头为 PAL 信号输出, 包含有复合同步信号、复合消影信号和视频信号。由于视频信号是模拟信号, 为保证图像的分辨率, 选用 8 位高速 A/D 芯片 TLC5510 将其离散化, 并行输出 0~255 的灰度值, 直接经 MC9S12XS128 单片机的 PA 口读取。同时, 利用 LM1881 视频信号分离芯片 VSS (Video Sync Separator) 分离出行信号和场信号作为图像采集的控制信号, 完成一幅二维图像数组的采集与存储。

1.3 无线数据传输模块

MC9S12XS128 完成图像的采集与处理后, 将路线信息以一维数组方式存储。本系统采用 NRF24L01 无线模块向智能车发送路线数组。NRF24L01 工作于 2.4 GHz ISM 频段, 有 32 B 数据缓冲区, 与单片机 SPI 接口进行通信。为建立有效通信, 规定如下的通信格式: 数组首字节记录有效数据长度, 接下来每 3 个字节数据表征一段路线信息, 前两个字节表示方位角 ($0^{\circ}\sim 360^{\circ}$), 最后一个字节表示路程, 数据长度不固定, 决定于具体路线图。智

能车接收到数据后, 还原路线信息, 并按序执行。

1.4 HMC5883L 模块

在本系统中, 利用两个后轮直流电机不同的旋转组合来控制转向。如何检测方位角是正确转向的关键, 将路径化曲为直, 看作是由许多折线段连接而成, 计算得折线斜率的反正切值即为方位角。利用霍尼韦尔 (Honeywell) HMC5883L 磁阻 (MR) 传感器作为智能车的电子罗盘, 精确控制转向方位角。

HMC5883L 是一种表面贴装的高集成模块, 并带有数字接口的弱磁传感器^[2]。HMC5883L 通过检测地磁场平行于地面的 X 轴和 Y 轴方向的磁场分量来计算相对磁北的偏向角。地球上某点的磁场矢量分析^[3]如图 4 所示。方位角 α (X 轴与磁北的夹角) 可由式 (1) 计算:

$$\alpha = \arctan \frac{H_{ey}}{H_{ex}} \quad (1)$$

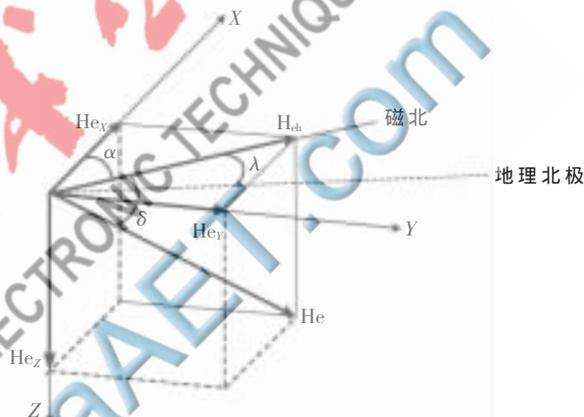


图4 地球上某点磁场矢量图

HMC5883L 采用 PC 接口与单片机进行通信, 数据更新速率可达 1 000 次/s。X 轴、Y 轴和 Z 轴的磁场分量值分别存储于数值输出寄存器 X、Y 和 Z, 单片机利用 PIT (Periodic Interrupt Timer) 中断程序以 20 ms 为周期定时读取。

2 软件设计

2.1 图像采集

经过 LM1881 得到视频信号的行信号和场信号, 行信号周期约为 $70 \mu\text{s}$, 场信号周期约为 20 ms。行信号表示新一行数据的到来, 场信号表示下一幅图像数据的开始。行、场信号都是方波, 设置 MC9S12XS128 单片机定时器 0 和定时器 1 为输入捕捉模式, 并且使能中断。定时器 0 为上升沿捕捉, 行中断触发; 定时器 1 为下降沿捕捉, 场中断触发。因为摄像头在路线图下方, 与绘图者的视角相反, 所以在采集程序中将图像关于 X 轴镜像存储。程序流程如图 5 所示。

2.2 边缘提取

理想的路径信息是线条型的, 但是油性笔画出的路线有粗有细, 所以通过边缘提取将路线图线条化。边缘提取属于图像的低层次特征, 类似于微分处理^[4]。目前, 有很多成熟的边缘提取算法, 但考虑到图像是白色背景

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 89

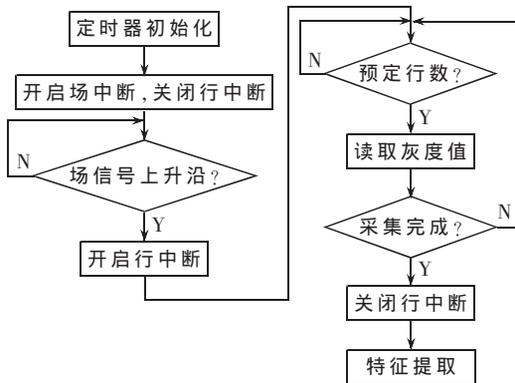


图5 图像采集程序流程图

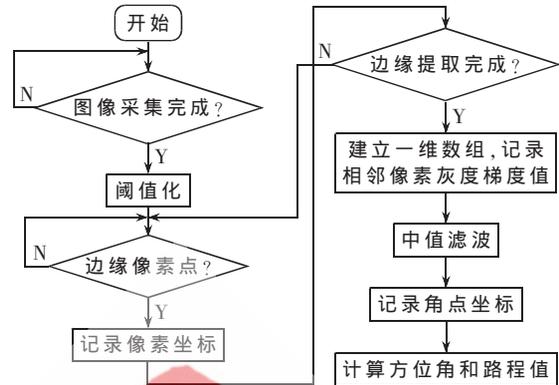


图6 角点检测程序流程图

上的黑色线条,对比度很大,故选用阈值法提取边缘。通过合理选取阈值,计算灰度差提取边缘。

2.3 角点检测

角点是路径信息的重要特征之一,在实际应用中,将路径折线化之后,每段路径就可以用3个字节表示,前两个字节表示方位角,最后一个字节表示路程值,由此看来角点的重要性不言而喻。本系统采用梯度检测算法提取角点坐标。角点肯定是边缘像素点,因此在边缘提取的基础上计算梯度值可以大大减少运算量。以路线图左下角为起始点,建立一维数组依次记录角点像素坐标。根据路线的连续性,对一维数组进行滤波,统计斜率值的个数,设置阈值去除“伪角点”。程序流程如图6所示。

3 结果分析

在压克力板上绘图区(20 cm×30 cm)画下“N”形路线,将其映射到2 m×3 m的实际区域,转向时通过左转或者右转都能达到目标方位角,分别进行两次实验。方位角误差保持在 $-5^{\circ}\sim+5^{\circ}$ 内,路程误差在 $-10\text{ cm}\sim+10\text{ cm}$ 之间。

分离循迹摆脱了传统循迹方式对跑道的依赖,当循

迹路线改变时更具有灵活性。经实验验证,循迹误差小(包括方位角误差和路程误差),在短距离定点运输等领域具有实用性,具有一定应用前景。

参考文献

- [1] 卓晴,黄开胜,邵贝贝.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] 霍尼韦尔公司.HMC5883L中文规格书[EB/OL].[2012-11-04].<http://www.honeywell-sensor.com/>.
- [3] 汪雪莲.电子罗盘的方位测量误差及其补偿校正[J].声学与电子工程,2005(4):40-43.
- [4] NIXON M S, AGUADO A S. Feature extraction and image processing[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010.

(收稿日期:2013-01-21)

作者简介:

林康,男,1992年生,本科,主要研究方向:嵌入式应用。
 肖建,男,1976年生,讲师,高级实验师,主要研究方向:嵌入式应用与开发。
 成谢锋,男,1956年生,教授,主要研究方向:智能信息处理。