

# 路径预设的移动机器人设计

施文灶,王平,张建楠

福建师范大学光电与信息工程学院,福州 350117

**摘要** 为实现具有环境自适应能力的全方位移动的机器人,分析了当前移动机器人运动路径规划中存在的问题,提出一种路径预设移动机器人的设计方案。该系统由移动机器人和无线遥控器两个部分组成,采用霍尔传感器、红外避障传感器和电子指南针等多种传感器的融合,实现移动机器人的精确移动、路径学习和信息存储。从记录模式和移动模式两个方面阐述了系统工作流程。调试结果表明,设计提出的移动机器人能搭载各种设备,完成按预设路径移动并反向返回的功能,适于在智能家居等环境中进行监控采集等应用。

**关键词** 移动机器人;路径预设;传感器;路线记录

**中图分类号** TP242.6

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.13.001

## Design of Mobile Robot Based on Predefined Path

SHI Wenzao, WANG Ping, ZHANG Jiannan

College of Photonic and Electronic Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350117, China

**Abstract** The existing problems of motion path planning are analyzed. A design scheme based on predefined path is proposed for a mobile robot of full range movement to achieve its self-adaption ability of the environment. The structure of the system and main function modules are introduced. The system is composed of a mobile robot, wireless remote controller, and various sensors including hall sensor, the infrared obstacle avoidance sensor and electronic compass to realize the robot's accurate move, path learning and information storage. The system workflow is elaborated from the record mode and moving mode. The test results show that the mobile robot can carry various equipment and actualize the movement according to the predefined path and return. It is good for the application of monitoring and collection in a smart home environment.

**Keywords** mobile robot; path predefined; sensor; route record

近几年,机器人的数量以惊人的速度逐年递增,据 World Robotics 公司近期发布的数据推测,全球机器人总数至少已达到 860 万个(130 万个工业机器人和 730 万个服务机器人)。其中,服务机器人增长速度非常迅速,目前数量已达到 2006 年时的 2 倍,这些机器人主要从事服务、维护、保养、修理、运输、清洗、监护等工作,其共同特点是需要特定的工作环境中移动。目前有很多关于机器人移动的解决方案,如文献[1]提出的手绘地图和路径的移动机器人视觉导航方法,不需要精确的环境地图及精确运行路径就能使机器人运行到指定区域,并能避开动态障碍物,但需要配

备摄像头和手绘地图,实现成本较高。文献[2]提出的移动机器人的自适应路径控制方法,移动以时间或距离作为设置参考点,在一定程度上实现路径的自适应能力,但需要部署多个路标定位器,系统结构较为复杂。引入偏微分方程求解移动机器人路径规划的方法<sup>[3]</sup>,存在算法复杂、运行效率低等问题。为克服目前移动机器人运动路径规划中存在的成本高、算法复杂、运行效率低等问题,本设计以电子指南针的方位角度信息作为记录信息,克服由于障碍物引起时间延迟导致路径偏离的问题,发挥功能强大、性能稳定、可扩展性强等优点。

收稿日期:2013-06-20;修回日期:2014-01-09

基金项目:福建省教育厅项目(JB12010)

作者简介:施文灶,博士研究生,研究方向为通信与信息系统,电子信箱:swz@fjnu.edu.cn

引用格式:施文灶,王平,张建楠. 路径预设的移动机器人设计[J]. 科技导报, 2014, 32(13): 15-18.

## 1 系统方案设计

本设计要实现通过无线遥控器选择机器人的目标位置,移动机器人按预设路径自动到达,执行任务后能返回到起点。首先需学习并记录移动机器人的移动路线,记录路线方式是用遥控器手动控制机器人移动,移动过程中结合机器人车轮上部部署的霍尔传感器调整,使其能精确行走,并通过霍尔传感器记录车轮转动的距离及用电子指南针记录行走每个阶段的方向值<sup>[4]</sup>,再将这些记录保存在E<sup>2</sup>ROM中。移动机器人记录路线后,默认工作于移动模式。另外,基于可靠性和交互性的考虑,系统还整合了红外避障模块和语音模块,使其在面对障碍物时能及时躲避并进行语音提示。

系统由轮式移动机器人和遥控器组成。轮式移动机器人由底盘、处理器电路板、各类传感器、托盘和搭载板构成,是一种三轮式结构,如图1所示。小车底盘是1块200 mm×150 mm的铝板钻孔固定2个9 V直流电机,左右2个直流电机通过联轴器固定车轮构成左轮和右轮,并在前端固定1个随动轮作为前轮,搭载板上可以根据实际应用装载各种设备,如摄像头等,并与处理器电路板的预留接口进行连接,实现功能的灵活配置。

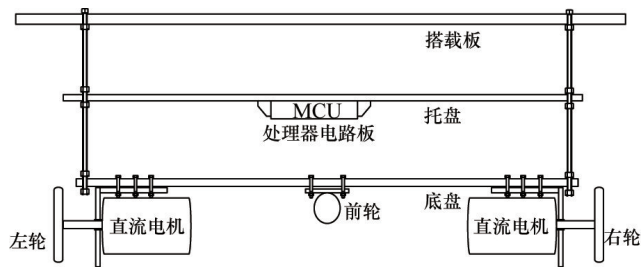


图1 移动机器人结构

Fig. 1 Mobile robot structure

处理器电路板整合各类传感器用于记录路线、避障、人机交互等,包括单片机控制器、无线模块、E<sup>2</sup>ROM、霍尔传感器、ISD4004语音模块、L298电机驱动、红外避障模块、电子指南针,其系统框图如图2所示。处理器采用STC89C51单片机,它的2个计数器连接霍尔传感器部分,2个外部中断分别连接nRF24L01无线模块中断端和红外避障输出端口,外部E<sup>2</sup>ROM为AT24C02,用于存储路线数据;无线模块用于接收遥控器命令;ISD4004语言模块用于移动机器人在各个阶段的语音提示;避障模块用于发现周围障碍物;电子指南针用于识别当前机器人方位信息;霍尔传感器用于移动过程控制,包括移动机器人的直行、左转和右转;电机驱动模块用于直流电机驱动。

遥控器由单片机控制器、无线模块、键盘(4个按键)和指示灯组成,其结构框图如图3所示。单片机分别使用4个I/O对应连接4个按键,并设计2个LED用于状态指示,通过I/O口模拟SPI通信与无线模块nRF24L01连接。

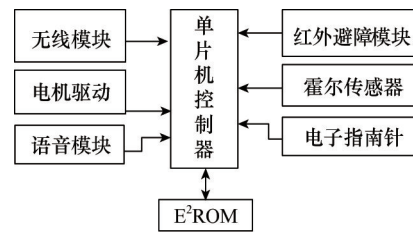


图2 机器人系统框图

Fig. 2 Robot system diagram

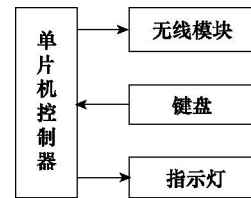


图3 遥控器结构框图

Fig. 3 Remote controller structure

## 2 主要功能模块分析

1) 霍尔传感器。霍尔传感器用于实现移动机器人的精确行走,是本设计的核心之一,工作原理如图4所示,主要由车轮上磁铁和霍尔开关传感器构成,每个车轮上等间隔部署10个磁铁。有磁铁靠近霍尔开关传感器时,霍尔开关传感器输出低电平,当轮子转动时,移动机器人上的磁铁不断地靠近霍尔开关传感器再离开,霍尔开关传感器输出方波<sup>[5]</sup>,机器人再通过计数方式判断左右轮移动距离。处理器接收到一个下降沿表示小车轮子转动了1/10周长,通过反馈调节控制移动机器人左右轮转动的比例,实现直行、转弯及移动距离。

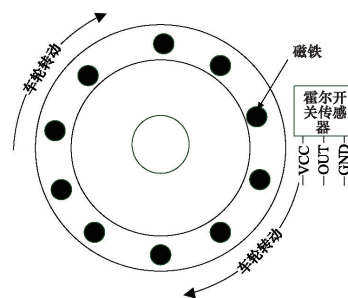


图4 霍尔传感器工作原理

Fig. 4 Hall sensor working principle

2) ISD4004语音模块。本设计中ISD4004语音模块通过SPI总线方式接入单片机<sup>[6]</sup>,电路原理如图5所示,其中录音电路没有加到机器人电路上,采用预先录音的方式,单片机控制播放对应地址的录音,再通过功放播放。

3) 无线模块。无线模块采用SPI总线接口的nRF24L01,它能自动编码解码,工作在2.4 GHz频段<sup>[7]</sup>,在100 m内能稳定通信,符合本设计中机器人运行在智能家居环境。

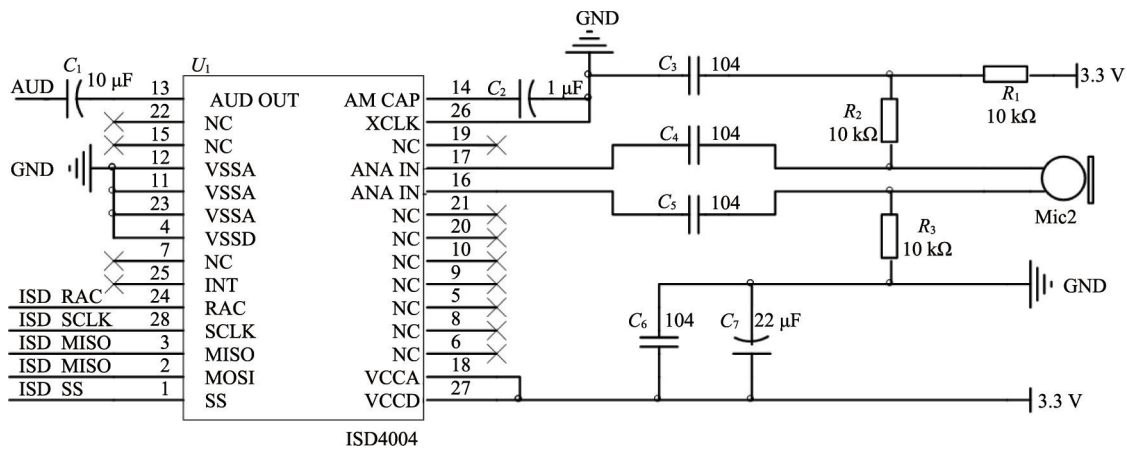


图5 语音模块原理

Fig. 5 Schematic diagram of voice module

4) 电机驱动。电机驱动使用的是 L298N, 其内部有 4 通道的逻辑驱动电路, 可以驱动 2 个 46 V, 2 A 以下的直流电机。移动机器人的电机为 2 个工作电压 9 V 的直流电机, 可以通过单片机的 4 个 I/O 口控制 L298N, 再驱动电机控制轮子前后转动。由于 L298N 使用时会产生大量热量, 所以安放在处理器板和铝板的空里, 这样铝板的导热效应能帮助散热, 处理器板和电机驱动模块间通过杜邦线连接。

5) 电子指南针模块。电子指南针模块主要通过 2 个水平放置、相互垂直的磁场传感器检测地磁场, 再通过数字处理和校正实现方向识别<sup>[6]</sup>。本设计选用的是 AS-US09 电子指南针模块, 方向精度达到 1°, 对外接口为 I<sup>2</sup>C 总线输出, 最大速率为 100 kHz。考虑电子指南针模块对磁感应灵敏, 所以将其安放在处理器电路板上方, 远离电机。

6) 红外避障模块。红外避障模块使用 E18-D80NK-N, 它可以检测 80 cm 以内的物品<sup>[7]</sup>, 本设计中红外避障模块固定在移动机器人前端, 当检测到障碍物输出低电平时<sup>[9]</sup>, 将它输出引脚接到单片机外部中断, 作为特殊情况处理。

7) 外部存储。E<sup>2</sup>ROM 存储采用 AT24C02, 是通过 I<sup>2</sup>C 总线方式连接单片机。

### 3 系统工作模式

移动机器人有记录和移动两种工作模式。通过遥控器可以切换这两种模式, 默认为移动模式。遥控器上有 A、B、C、D 4 个按键, 可以通过复合按键方式实现多种控制。直接按 A、B、C 时表示选择机器人的到达地点, A、B、C 表示对应的地点; 按 D 时表示切换到记录模式, 在此状态下通过 A、B、C 可以控制机器人的移动, A 表示左转, B 表示直行, C 表示右转, 路线记录完毕后再按 D 表示记录模式结束, 系统工作流程如图 6 所示。

系统上电后, 对系统的 I/O 口、存储空间、定时器等初始化设置。当收到路径记录开始命令时, 为路径记录分配存储空间, 读取起始位置电子指南针方向信息并存储, 存储

记录格式为<路径编号、状态编号、方位角度信息>。同时开启定时器, 设置 1 s 定时作为路径状态信息的记录间隔时间。读取并分析用户的操作命令, 控制机器人的左转、右转、直行等动作, 路径记录结束后, 以链表的存储结构存储当前路径状态信息; 当收到移动开始命令时, 对命令进行分析, 得出指定路径的往返次数以及不同路径的组合情况, 从存储器中读取对应路径记录到随机存储器 RAM, 驱动电机动, 用路径状态信息控制机器人移动。考虑到移动模式下机器人的移动路径可能由于临时障碍物的存在而与预设路径不一致导致任务失败, 加入障碍物检测用于解决这一问题<sup>[10]</sup>。具体实现: 当固定在移动机器人前端的红外避障模块检测到障碍物输出低电平时通知控制器, 控制器控制电机使其左转(或右转), 直到红外避障模块检测不到回波, 重新控制电机使其右转(或左转), 回到原来路线。

图 6 中延时时间的设置由实际运行环境的情况而定。例如, 当移动机器人装载图像传感器采集周围图像时, 需要对焦、曝光等过程, 这将要求移动机器人在某一位置停留一定的时间再继续移动。当需要反向返回时, 对 RAM 中对应路径记录的状态信息反转放置, 实现沿该路径反向返回。

小车机器人主要是通过霍尔传感器实现精确移动, 目前控制直流电机行走的方式大多用 PWM 调制的方法实现, 但这种方式受电源电压影响大, 而且不能控制到移动距离。本设计采用霍尔传感器控制小车的移动, 通过单片机计数方式实时判断小车机器人左右轮行走的距离, 再控制左右轮电机转动比例, 这样在电源电压变化及左右轮电机特性差异下也能实现精确直行。当小车机器人左右转弯时, 控制左右轮行走距离比例, 即能实现不同弧度的转弯, 灵活实用。

选取障碍物数量分别为 0~7 的 8 组实验, 每组实验重复 20 次, 其中障碍物随机放置, 机器人按照预设路径并避开障碍物到达终点视为完成移动任务。从表 1 中可知, 障碍物数量不超过 4 时, 对本系统的运行几乎没有影响, 但当障碍物较多时, 系统功能明星下降。

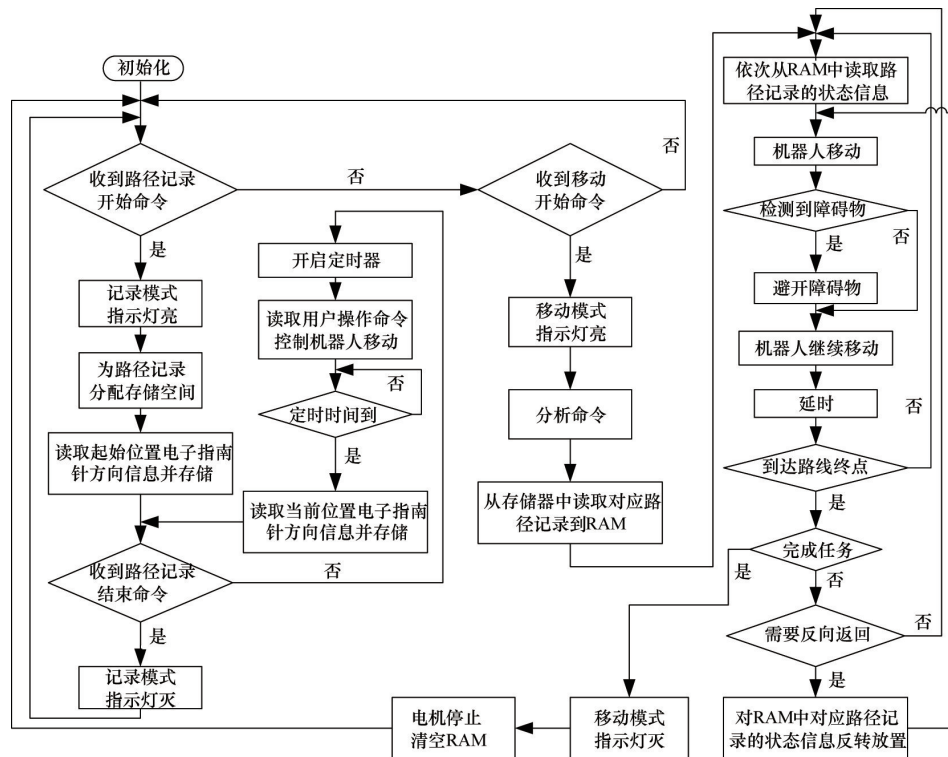


图6 系统工作流程

Fig. 6 System work flow

表1 系统实验结果

Table 1 Experimental result of system

障碍物数量	0	1	2	3	4	5	6	7
完成率/%	100	100	100	100	90	85	70	60

#### 4 结论

路径预设的移动机器人无需布线、灵活性好、操作简单、环境自适应能力强,能实现移动机器人在家居等运行环境的全方位移动,同时支持在不同位置点设置不同停留时间,符合实际机器人用作监控采集的要求,可用于各种类型的室内环境,特别是应用在智能家居环境中,如加以简单改进,也可用于室外环境。

#### 参考文献(References)

[1] 李新德. 基于手绘地图和路径的移动机器人视觉导航方法: 中国, 201010577112.5[P]. 2011-06-08.  
Li Xinde. Visual navigation method for mobile robot based on hand-drawn map and path: CN, 201010577112.5[P]. 2011-06-08.

[2] 吴万水. 移动机器人的自适应路径控制方法: 中国, 201110101450.6 [P]. 2011-09-14.  
Wu Wanshui. Adaptive path control method for mobile robot: CN, 201110101450.6[P]. 2011-09-14.

[3] 康亮. 引入偏微分方程求解移动机器人路径规划的方法: 中国, 201210183239.8[P]. 2012-10-03.  
Kang Liang. Mobile robot path planning with the method of partial

differential equation: CN, 201210183239.8[P]. 2012-10-03.

[4] 王晶. 智能小车运动控制技术研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.  
Wang Jing. Research on control technology for the intelligent vehicle [D]. Wuhan: Wuhan University Technology, 2009.

[5] 韩雪原, 王瑞荣, 段翠翠. 基于 Zigbee 定位系统节点及测距技术研究 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2012(6): 1-4.  
Han Xueyuan, Wang Ruirong, Duan Cuicui. The study of positioning system node ranging based on zigbee[J]. Journal of Hangzhou Dianzi University, 2012(6): 1-4.

[6] 罗亚辉, 蒋蕪, 胡文武. 多传感器融合定位控制系统设计[J]. 湖南文理学院学报, 2012(1): 1-3.  
Luo Yahui, Jiang Ping, Hu Wenwu. The design of multi-sensor fusion location controlling system[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science, 2012(1): 1-3.

[7] 肖海荣, 富文军, 张晓军, 等. 基于多传感器数据融合的移动机器人导航[J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(7): 66-68.  
Xiao Hairong, Fu Wenjun, Zhang Xiaojun, et al. Mobile robotics navigation based on multi-sensory data fusion[J]. Systems Engineering and Electronics, 2001, 23(7): 66-68.

[8] Rojas J, Peters II R A. Analysis of autonomous cooperative assembly using coordination schemes by heterogeneous robots using a control basis approach[J]. Autonomous Robots, 2012, 32(4): 369-383.

[9] Winfield A F T, Erbas M D. On embodied memetic evolution and the emergence of behavioural traditions in robots[J]. Memetic Computing, 2011, 3(4): 261-270.

[10] Stulp F. Implicit coordination with shared belief: A heterogeneous robot soccer team case study[J]. Advanced Robotics, 2010, 24(7): 1017-1036.

(责任编辑 赵业玲)