

基于安卓系统的定位智能小车设计

田 莉,孙金秋,王志凌

(南京航空航天大学 金城学院,江苏 南京 211156)

摘要:为实现小车的远程监控,使其在无人驾驶的状态下精确驶向设定的定位点,设计了一种基于安卓操作系统和单片机控制系统的可定位智能小车。系统使用安卓手机作为远程监控设备,采用 Eclipse 集成编译环境,利用百度地图服务,设计了操控小车的 APP。实际测试表明:手机通过小车携带的 GPS 传感器识别定位点,采用自行设计的控制策略得到小车的控制量,并下发命令至单片机,对小车的位置和速度进行控制,实现了预期的目的。

关键词:智能小车;安卓;定位;百度地图

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2017)04-0041-06

无线遥控智能定位小车是 20 世纪末期提出的一种新型小车,它能减少人对危险环境和危害性任务的直接参与,在军事侦察、反恐、防爆、防核化及污染等领域有着广阔的应用前景^[1]。

本文设计的智能小车由车体及单片机结合测控模块构成,采用基于安卓操作系统的手机进行远程监控。小车在单片机控制下,在 GPS 传感器和避障传感器的辅助下,能够动态修正行走算法;通过安卓手机的定位、显示和控制,小车能够顺利完成指定的运输、探测等任务。

1 总体设计方案

系统由上位机和下位机组成,其中上位机采用安卓版移动手机进行控制,下位机采用智能小车所带的单片机进行控制,上位机和下位机间通过蓝牙进行通讯,系统框图如图 1 所示。上位机利用安卓手机处理器主频高、速度快的特点,处理控制小车的较为复杂的算法,再通过蓝牙发送相应的控制指令给下位单片机;下位单片机接收指令后,按其要求完成对周边传感器和电子设备的

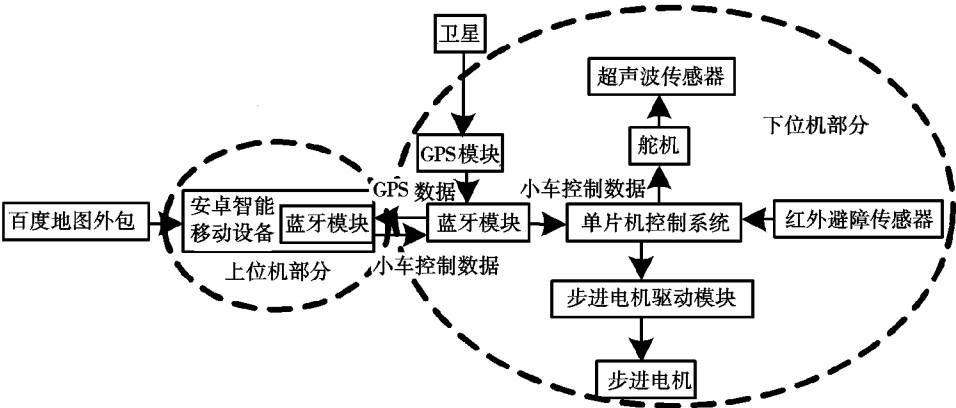


图 1 系统硬件设计方案
Fig. 1 Diagram of the system hardware design

控制。经过上位机移动手机和下位单片机的快速准确配合,智能小车可以快速应对复杂的地面环境,准确到达目标点。

为实现小车功能,系统需完成下位机的硬件配置和软件编程、上位机的界面开发、上下位机间的通讯等几大任务,涉及的算法有 GPS 数据处理算法、车辆运转逻辑算法。具体设计功能如下:

(1)在安卓系统下,利用百度地图外包服务,结合蓝牙等相关类设计友好的人机交互界面,可显示地图、小车坐标位置、目标点距离等,还具有手动采集定点坐标的功能。

(2)在 Eclipse 环境中编写车辆行走相关算法,包括车辆定点停车误差估算、转向逻辑、转向角度、终点判断等算法,最终实现小车运行过程的自动、智能且精确高效。

(3)用单片机结合外围硬件,采用定时器中断和串口中断,编程实现小车的独立行走功能,同时自动避开障碍物。

(4)设定目标点后,实现小车自主行驶,以及设定误差范围内的定点停车功能。

2 智能小车控制系统硬件设计

为实现小车功能,小车硬件部分采用单片机系统为主控板,结合避障模块(包括舵机、超声波传感器、红外避障传感器)、步进电机及其驱动模块、蓝牙通信模块等进行外围硬件电路设计(GPS 模块也安装于小车上,用来采集小车当前位置信息)。上位机由安卓智能移动设备承担,利用百度地图外包服务,显示小车当前位置,并负责 GPS 数据处理和小车控制命令的发送。蓝牙模块作为安卓智能移动设备与小车通信的桥梁。通过蓝牙模块,上位机给智能小车发送命令,同时接收智能小车上的 GPS 模块采集的位置信息。

2.1 控制器与外围电路单元

控制器与外围部件框图如图 2 所示。图 2 中 STC89C52 控制器是整个下位机控制系统的核心部件,红外避障模块、舵机和超声波测距模块是系统的避障单元,步进电机及驱动电路是控制小车行走及转向的执行单元。另外,为了使控制器发挥更稳定的处理性能,还需设计电源模块、复位电路和 JTAG 调试等外围辅助电路。

2.2 避障单元

为规避障碍,利用红外避障传感器感应障碍物的存在,再由舵机控制超声波测距传感器转头

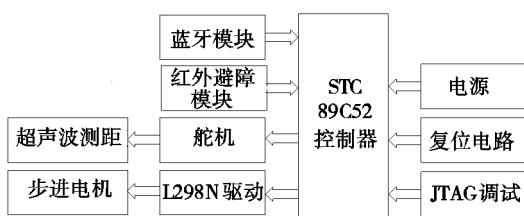


图 2 控制器及外围电路单元

Fig. 2 Controller and peripheral circuit unit

扫描左右间距,根据左右间距大小来确定转向。

下位机中设置超声波传感器之外又设置了红外传感器,主要因为超声波传感器虽然具备检测障碍物和测量障碍物距离的功能,但超声波传感器检测障碍物时需要一个脉冲信号激发,从而在程序上会占用一段时间;而作为小车执行部件的步进电机,需要实时的通电控制,如果超声波传感器检测障碍物,则单片机在发送超声波传感器所需的脉冲信号时,会导致步进电机失控,而再次对步进电机通电时,中间短暂的时间停顿会导致小车车身在实际行进中发生严重抖动,影响挂载器件的稳定性。

为了解决这个难题,引入红外避障传感器,其输出接单片机的外部中断。中断发生后,步进电机反转带动小车后退一定距离并停止,此时舵机开始带动超声波传感器来回甩头检测障碍物左右的情况,在比较两侧距离大小后,小车向距离较大的一侧转向,从而有效解决了车身抖动的问题。

2.3 执行单元

2.3.1 步进电机

下位机采用 42 步进电机,步进电机通过传动轴与轮胎相连,STC89C52 控制器通过 L298N 驱动模块驱动电机转动,实现转向、后退、前进、泊停等功能。

2.3.2 步进角度算法的建立

建立小车轮子转角模型,如图 3 所示。假设小车转向过程中,其中一轮被锁死固定,另一轮转动,使车体转过角度 $\alpha(^{\circ})$,设车轮半径为 $R(\text{cm})$,车轴长度为 $L(\text{cm})$,则图 3 中,转动轮走过路程 $D(\text{cm})$,与车体转过角度 α 的关系式为

$$D = 2\pi L \times \frac{\alpha}{360} \quad (1)$$

转动轮走过路程 D 与车轮转过度数 N 的关系式为

$$D = 2\pi R \times \frac{N}{360} \quad (2)$$

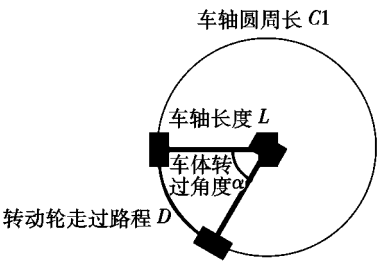


图 3 小车转角模型图

Fig. 3 Car turning angle model

电机步数 X 与车轮转过度数 N 关系式为

$$X = N / 0.9 \tag{3}$$

联合上述 3 个关系式,得到电机步数 X 与车体转过角度 α 的关系式为

$$X = L\alpha / (0.9R) \tag{4}$$

将本系统转动轮半径 $R = 3.15\text{ cm}$,车轴长度 $L = 21\text{ cm}$,代入式(4)得

$$X = 7.41\alpha \tag{5}$$

在下位机中,根据式(5)编写算法,将上位机发来的车体转向角度转换为电机步数后,再执行行进左转或行进右转函数,即可实现小车的高精度转向。

2.4 定位单元

智能小车使用 u-blox 公司的 GPS 模块进行定位。该模块搜星速度快、运行频率高,能够在短时间内接收大量 GPS 数据,令小车行进动作更加灵敏高效。为保证 GPS 模块能够正确运行,在使用之前需要用该公司的配套软件 u-center 进行相关配置。

选择 GPS 信息的输出格式为 GPRMC。经数学计算和实地测试,确定 GPS 模块的数据接收频率为 10 Hz,数据发送波特率为 9 600 b/s。

2.5 通信单元

小车采用 HC-06 蓝牙通讯模块,此模块自带串口协议转换芯片,可将蓝牙协议转换为串口协议,从而直接与单片机串口进行通讯。蓝牙模块的接收线连 GPS 模块的发送端,发送线接入单片机控制器的串口接收端,其作用是将 GPS 数据发送给安卓设备,再从安卓设备接收行车指令,并将其发送给单片机,从而控制小车的行为。

3 安卓上位机软件设计

安卓手机接收 GPS 模块发送的小车位置信息,再结合目标点信息,进行 GPS 数据的处理和

小车行走算法的运算(小车行走算法包括偏差角计算、转向判断、转向角计算等),从而有效校正小车的行驶方向和速度,使其在无人干预下到达指定目标点。

3.1 上位机 APP 整体架构

借助百度地图 API 构建上位机 APP,系统软件架构如图 4 所示。图 4 中主线程有蓝牙类、百度地图类、安卓 GPS 类、Handler 类等对象,其中 Handler 是沟通主线程与子线程的媒介。子线程向 Handler 传入 GPS 数据,在 Handler 中完成数据分割与筛选后,得到经度、纬度、航向等数据,通过算法得出小车动作的控制量。子线程的功能主要是与蓝牙设备进行数据交换,接收 GPS 模块发送来的数据并传给 Hanlder,同时负责小车动作命令的发送。

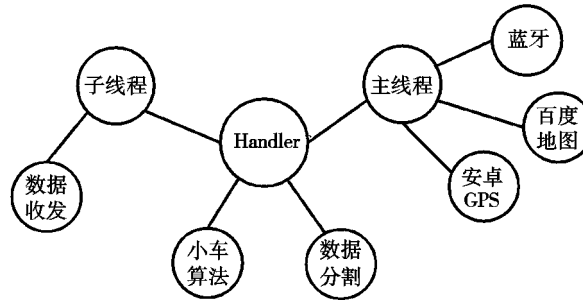


图 4 手机 APP 整体架构

Fig. 4 Mobile APP overall architecture

3.2 百度地图功能的实现

百度地图部分需要实现 3 个功能:地图层的获取、覆盖物的添加、手机 GPS 定位功能的调用。结构图如图 5 所示。

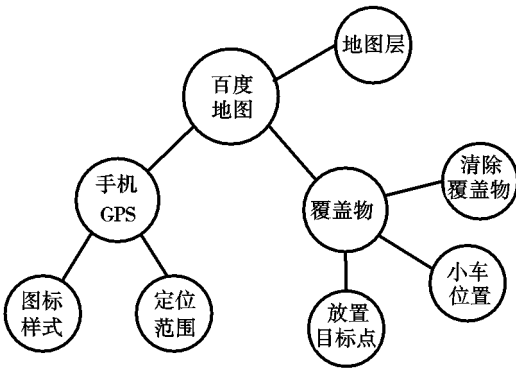


图 5 百度地图功能实现结构图

Fig. 5 Baidu map function structure

图 5 中,地图层负责从服务器端获取地图数据,并捕捉屏幕触控手势事件。覆盖物是百度地图中的特色应用之一^[2],即在地图表面覆盖具有

特定标志的 logo, 点击或拉拽可以触发不同事件。系统设计了放置覆盖物至任何位置, 及清除覆盖物等功能。本系统中覆盖物用来标明和显示小车当前位置坐标和目标点坐标的信息。

应用手机 GPS 定位系统时, 需要先打开 GPS 导航装置, 然后调节 GPS 的功耗及精度。结合 Google 公司提供给安卓系统的相关类操作, 以及百度地图对该类的特定操作, 如对定位点形状的选取(即图标样式)和定位范围显示的设定等, 可以实现小车在地图上的定位。图 6 左图为对小车位置快速聚焦的效果, 右图为精准的小车位置图, 这是对外部 GPS 传感器数据进行计算得到的。



图 6 小车位置聚焦效果图

Fig. 6 Car position focus map

3.3 GPS 数据处理

对 GPS 数据的处理和小车算法的运算是上位机的核心部分。上位机接收一段 GPRMC 格式的 GPS 数据后, 提取出其中的经度、纬度、航向信息, 再进入坐标转换阶段, 将 GPS 坐标转换为百度坐标, 在将坐标刷新后即可在地图界面上看到小车位置的动态变化情况。

3.4 小车算法

上位机在小车行走过程中, 需要不断进行转向及转角的修正, 使之向目标点快速高效行驶。

3.4.1 偏差角计算

由于机器精度限制^[3](民用 GPS 误差在 2 m 左右), 小车需设置一个合理的误差容限, 即设置一个偏差角, 使小车直行在一个合理的范围。当小车偏离目标点即偏差角在 $[-\theta, \theta]$ 时, 小车无需转向, 保持直行, 直至到达目标点。设小车误差半径为 r , 小车与目标点间的距离为 d , 如图 7 所示。由图 7 可知, $\angle \theta = (\arcsin(r/d)) * 180/\pi$, 其中 r 的范围由用户控制精度决定。

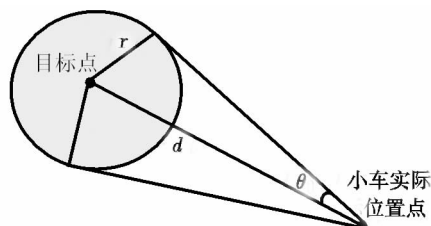


图 7 误差角计算模型

Fig. 7 Error angle calculation model

3.4.2 转向判断及转向角计算

当小车行进方向未落入允许误差角范围时, 小车将进行转向判断。此时要先进行转向角计算, 然后以最小转向幅度为理想转向, 从而使小车动作更加简洁合理, 能耗也大幅降低。

国际标准关于航向的定义为: 正北为 0° , 正东为 90° , 正南为 180° , 正西为 270° , 按顺时针方向递增。

小车理想航向是指地图上小车实际坐标与目标点之间的连线, 方向为小车实际位置指向目标点。GPS 卫星传回的航向数据为小车的实际航向, 即小车当前移动的方向。设 $\text{Value} = \text{abs}(\text{理想航向} - \text{实际航向})$, 则分两种情况来考虑: 若 $\text{Value} > 180^\circ$, 则理想航向 $>$ 实际航向时左转, 否则右转; 若 $\text{Value} < 180^\circ$, 则理想航向 $>$ 实际航向时右转, 否则左转。

小车实际运行中向左或向右转动, 其转动的角度应当大于 0° 而小于 180° , 然而计算得到的 Value 值应该在 0° 到 360° 之间。当 Value 值大于 180° 时, 转向角等于 360° 减去 Value 值; 否则, 转向角等于 Value 值。

3.5 蓝牙通讯

上位机蓝牙通讯编程中, 主要利用安卓系统里的两个类^[4]: BluetoothAdapter 和 BluetoothDevice。其中 BluetoothAdapter 代表移动设备对象, BluetoothDevice 代表需要连接的从机设备对象。蓝牙通讯需要通过调用类里的方法来实现。

3.6 上位机界面

上位机界面如图 8 所示, 界面分为 4 大部分, 分别为 5 个功能按钮(顶部)、滑动拉条(中间)、文本信息(中间)、百度地图层(底部)。用户按下“连接”按键之后, 移动设备打开自带蓝牙开始搜索从机设备, 并与指定的从机设备进行连接, 获得小车坐标经纬度信息后在地图层上显示出来。

对目标点的设置有两种方法: 一种方法是将



图 8 上位机界面

Fig. 8 Interface of upper monitor

小车放置于目标点,点击“开启采集”按钮,让小车自行采集当前的经纬度数据,再按一次此按钮,便可锁定该数据作为目标点的经纬度;另一种方法是用户点击“开启放置”按钮,然后在地图上点击某一点,即可将此点作为小车目标点位置,同时会在地图上留下一个目标点的图标。

小车目标点信息、当前位置的信息以及距离目标点的差值会在相应的文本信息之后显示出来,最下方为当前的地图画面。

当用户按下“启动”按钮后,小车便开始启动步进电机,向目标点位置行驶。用户可以拖动“定位精度滑条”进行小车到点精度的选择。当小车进入以该精度为半径、目标点为圆心的圆内,小车便立即关闭电机而不再前进。

在小车完成定点停车后,在手动断开连接的前提下,可以借助“清除”按键清除地图界面上覆盖物(小车图标和目标点图标)。

4 调试与运行结果

小车立体图如图 9 所示。小车采用铝合金车身,前方以万向轮为支点,头部悬挂舵机和通过传动装置连接的避障模块,车体下方固定 3 个红外避障传感器,车体后方用多个螺丝固定 2 个步进电机,车体后方正中固定 GPS 传感器,该 GPS 传感器与单片机不做任何连接,只是共用电源和地。

小车正中央为单片机控制器,采用 STC12 系列单片机。单片机运行速度超过 GPS 模块的数据接收频率,使小车在强烈震动下仍能足够稳定运行,显示出较强的抗干扰能力。

小车测试地点为学校网球场。放置小车到目标位置(网球场边线直角处),然后将小车拿到距目标点 50 m 外的范围,开启小车。

小车在行进过程中接收到航向信息,在上位

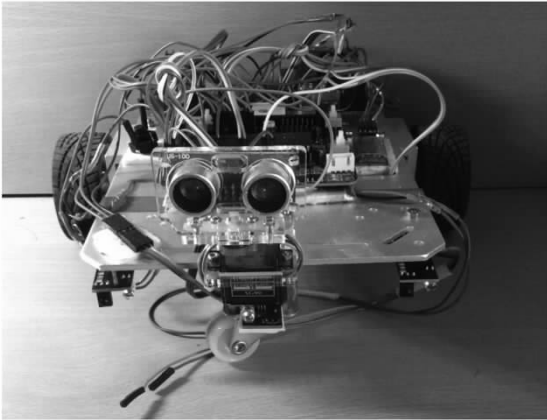


图 9 小车立体图

Fig. 9 The car stereogram

机得知其行驶方向不在允许误差内时,立即启动转向和转向角判断算法,令小车左转一定角度,如图 10 所示。



图 10 小车左转

Fig. 10 Turn left

图 11 为小车右转画面。小车偏离目标点,右转一定角度重新回到允许误差范围后直行。



图 11 小车右转

Fig. 11 Turn right

图 12 为小车避障画面。障碍物堵住了小车前进路线,小车立即后退一段距离,并左右扫描是否有障碍。由于右侧障碍物堵住行车路线,小车经过比较算法判断为左转行驶。

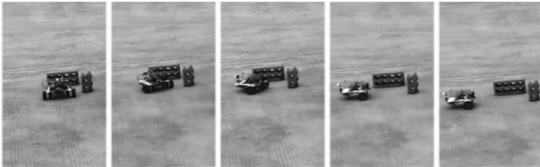


图 12 小车避障

Fig. 12 Obstacle avoidance

图 13 为小车到点停车。小车到达网球场边线直角附近立即停止动作,误差约 2 m。



图 13 小车到点

Fig. 13 Terminal point of car

5 结论

本文设计了一个基于 Android 操作系统的可定位行走的智能小车。在安卓设备上用户只需选择目标地点和按下启动按钮,小车即可进入无人干预状态下的行走避障。该智能小车以机器算法模拟人类思考,摆脱了人手操控的繁琐,在节约人力资源的同时还能用于一些人类不方便到达或危险性区域的探测,可作为矿井、地震等恶劣环境下的灾难救援和探测设备。

参考文献:

- [1] 赵津,朱三超. 基于 Arduino 单片机的智能避障小车设计[J]. 自动化与仪表,2013,28(5):1-4.
- [2] 张倩,靳云通,罗勇,等. 基于百度地图 API 的农特产品地理信息系统设计与实现[J]. 安徽农业科学,2015,43(5):342-344.
- [3] 刘国海,李康吉. 基于 PDA 的 GPS 定位精度提高方法[J]. 江苏大学学报(自然科学版),2005,26(5):448-452.
- [4] 李宁. Android 应用开发实战[M]. 北京:机械工业出版社,2012.

Design of a Locatable Intelligent Car Based on Android

TIAN Li, SUN Jinqiu, WANG Zhiling

(Nanhang Jincheng College, Nanjing Jiangsu 211156, China)

Abstract: An intelligent car which is based on the control system of the mobile phone and the single chip microcomputer is designed. The system scheme, the hardware design and the software design of the intelligent car are introduced. The system uses Android mobile phone as the monitor equipment, in the environment of Eclipse the control APP of intelligent car is realised used baidu map service. Mobile phone identify the location settings through the GPS sensor whice is set on the car. The control strategy is developed and deduced to get the car's control, and then the mobile phone gives the order to the microcontroller to realize the car's position and speed control. Users can remotely monitor the car at the mobile phone, and the car can get to the settled location accurately without people's help.

Keywords: intelligent car; Android; positioning; baidu map

(责任编辑:张英健)