

文章编号: 1000-5862(2017)01-0073-06

基于无线控制和视频传输的多功能探测车

武明利, 武奇, 骆兴芳*

(江西师范大学物理与通信电子学院, 江西 南昌 330022)

摘要: 设计了一种基于远距离无线控制和视频传输的多功能探测车. 以嵌入式系统作为控制核心, 利用无线传输技术实现远距离无线控制和视频实时传输, 实时地将图像传至电脑控制端, 进而通过电脑实现对探测车的控制; 还可以通过控制者手臂上的传感器获知控制者手臂的动作, 实现对小车上的机械臂进行简单、精准的控制. 搭载了LTE模块, 在超出传输距离时转到LTE模块, 利用4G网承担数据和视频的无线传输以及无线控制, 使探测车可以稳定可靠的工作. 根据不同的任务要求, 可搭载各种不同的传感器, 探测所处环境的各种参数. 探测车采用履带式设计, 能适应各种不同路况. 该探测车可替代人类进行危险和未知地域以及不适于人类进入的地域进行探测、救援、样本采集、危险排除等工作, 有效防止了人类进入危险地域执行探测、救援等任务所造成的人身伤害和财产损失.

关键词: 无线传输; 机械臂; 嵌入式系统; 仿生控制; 传感器; 4G通信

中图分类号: TN 925; TP 752 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2017.01.14

0 引言

我国是一个自然灾害和人为事故多发的国家, 抢险救灾、事故的处理和救援需及时获得现场内真实情况, 如空气质量、温度、干湿度、人员伤亡情况以及伤者位置、是否有火灾等, 其中最重要的是获得现场的实时图像. 如2015年天津港爆炸的重大事故, 正是由于消防人员对爆炸区内物品的不确定性, 贸然使用不当的施救方式, 引发更为惨重的伤亡后果.

当前, 我国在远距离无线检测及视频传输尚不成熟, 不能及时获得上述信息, 影响救援工作, 甚至延误最佳救援时间, 造成不必要的人员伤亡和财产损失. 目前, 采取的措施是由救援人员携带相关探测和救援设备进入危险区域实施探测和救援, 这种方式无法将所得数据和图像进行实时传输, 同时对在现场实施探测和搜救的工作人员也存在巨大的安全隐患.

本文提出了一种基于远距离无线控制和无线视频传输的多功能智能探测车^[1-6], 它利用超声波模块传回数据, 并根据温度不同为超声波提供温度补

偿, 以修正超声波的温漂现象, 提高测量精度; 在红外人体探测器上加装热敏电阻, 防止其在高温环境下被误触发; 为湿度探测器加装外保护壳, 使其不直接暴露在空气中, 提高检测精度和稳定性; 机械手臂的上位机采用在控制者手臂加装6个电子陀螺仪模块, 精确检测控制者节点的动作, 通过上位机无线传输传至小车控制机械臂, 使机械臂完全模拟出控制者的手臂动作, 实现高精度且简便的机械臂控制. 它能替代救援人员先行进入事故现场通过多种传感器复合检测和采集周围的环境信息, 尤其是对危险未知的不确定区域或不适合救援人员进入的危险地域进行环境探测、救援、样本采集以及危险排除等多功能智能探测.

1 系统方案设计

为实现通过无线数据传输控制探测车和机械臂的运动, 同时将所搭载的各探测器探测到的参数实时回传, 并能把高清摄像头拍摄的画面通过无线传回电脑控制端并在电脑屏幕上实时显示, 使控制者

收稿日期: 2016-09-17

基金项目: 国家自然科学基金(51461019)资助项目.

通信作者: 骆兴芳(1976-), 女, 新疆昌吉人, 教授, 博士, 主要从事电磁场与微波器件的研究. E-mail: xfluo@jxnu.edu.cn

全面地了解现场情况,在无线传输中断时能自动切换到 4G 网络,由 4G 网络承载无线控制、数据传输以及图像实时回传,并通过控制者手臂动作简单精确地控制车载机械臂完成各种高难度的动作,实现救援、采样等功能,探测车需具有良好的适应性能,能够平稳安全地通过各种复杂路况.该探测车包括以单片机为核心的嵌入式总控系统、机械臂系统、无线传输系统、环境探测和感知系统以及上位机控制系统 5 个主要系统,系统各部分的结构框图如图 1

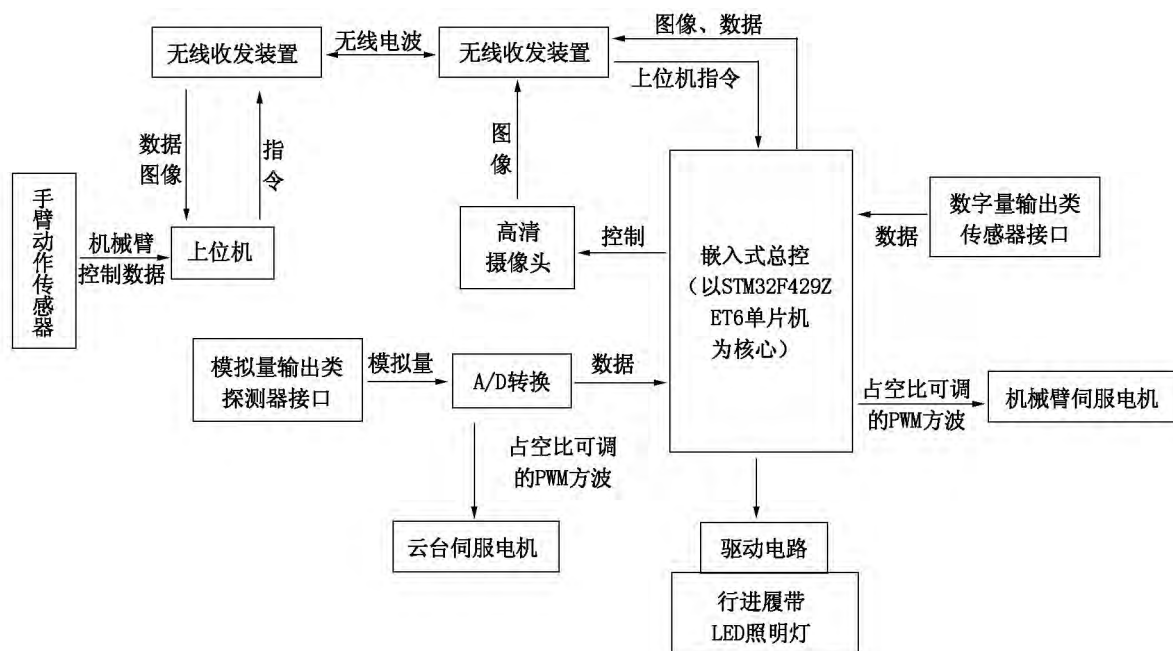


图 1 系统硬件机构框图

2 硬件部分

该探测车硬件部分主要由电源模块、无线传输模块、视频处理部分、嵌入式总控系统、机械臂系统、驱动电路的设计、环境探测和感知系统以及上位机控制端组成,其中车体部分包括探测车的主体以及行进履带,下面详细介绍本探测车的主要部分.

2.1 电源部分

为了保证小车控制系统的稳定性,采用了控制系统和履带电机驱动系统双电源供电.控制系统的电源供电采用 LM2940-5.0 芯片,将锂电池的电压从 12 V 调至 5 V,供电单片机及控制系统使用.为了使 5 V 电压稳定,在 LM2940-5.0 输入、输出端分别并联一个极性电容和一个陶瓷电容用于滤除高低

所示.其中上位机控制系统通过无线收发装置发送控制信息,接收并显示实时视频以及各传感器参数,无线传输模块和备用的 LTE 模块作为上位机和探测车数据传输的媒介,以嵌入式系统为核心的总控系统根据上位机的指令以及探测器对周围环境的探测和感知控制这个探测车的运动以及车上各设备的工作状态,该探测车采用履带行进方式代替传统的轮式行进方式,使该探测车可以更好地行驶在各种恶劣的路况,完成预定任务.

频干扰;履带驱动中直流电机额定电压 6 V,采用 LM2941S 将电压调整为 6 V 为电机供电;对小车系统电路供电选用 LM2596 开关型降压稳压管,其输出端接一个 68 μ H 的电感储能和一个二极管为电感续流.

2.2 无线传输模块

为实现远距离的无线控制、数据传输以及视频实时传输,无线控制及数据传输采用了载波中心频率为 433 MHz、发射功率为 1 W 的 SX1278 无线数传芯片,具备 LoRa 直序扩频技术^[7-8],该芯片工作在 410 ~ 441 MHz 频段,使用串口进行数据收发,通信接口为 RS232/RS485 协议,在良好条件下传输距离可达 7 500 m 以上.图像实时传输采用了载波中心频率为 5.8 GHz、发射功率为 1 000 mW/30 dBm 专用图传模块,工作频率为 5 705 ~ 5 945 MHz,传输距

离可达 3 000 m,可以连接 5v 或 12v 高清摄像头.为保证无线传输的可靠性,采用了冗余设计.除上述无线传输装置以外,还附加了可以通过 4G 基础网传输数据的型号为 ME909S-821LTE 模块,采用国际通用的 FDD-LTE 制式.在上述无线信号超出通信范围或受到干扰无法正常通信时,可自动切换至 LTE 模块通过 4G 网路承载无线传输任务,提高了传输的可靠性.

2.3 视频处理部分

高清摄像头由视频处理模块控制,视频处理模块将图像数据通过无线通信模块传给手机端或 PC 端,实现视频无线实时传输^[9-40].摄像头安装在摄像头云台上,通过控制云台可以使摄像头拍摄不同角度和高度的图像,对周围环境进行更加详细的拍摄.

2.4 嵌入式总控系统

总控系统即要通过无线传输系统与上位机通信,接收上位机指令,并且回传相关数据,又控制探测车各部分的工作,是探测车的控制与数据处理核心.该文采用 STM32F429ZET6 芯片作为处理核心,具有高速、低功耗、抗干扰能力强的特点;选用了 168 MHz 的晶振,使其处理能力达到 210DMIPS,并还具有照相机接口,具有连续和快照功能,支持裁剪功能,能满足探测车的各种控制和数据运算需要.

2.5 机械臂系统

该探测车采用车载机械臂设计,机械臂可以完成现场救援、采样等工作.机械臂采用了 6 自由度设计,分别使用了 5 个 DS3115 舵机做机械臂的关节,1 个 DS3218 舵机做机械爪的抓取舵机.因为机械爪要抓取物体,会经常性的堵转,所以采用 DS3218 舵机,防止舵机堵转后烧坏.这 2 种舵机均为数字舵机,旋转角度采用 PWM 波形占空比控制,脉宽范围为 500 ~ 2 500 μ s,舵机的中立位置脉宽范围为 1 500 μ s.机械臂既可通过上位机远程节点控制机械臂排除行进过程中的简单障碍和采集样本信息等,也可通过操作者手臂上佩戴动作传感器,通过手臂动作简单、精确的无线仿生操控机械臂^[11-43],机械臂结构图如图 2 所示.

2.6 驱动电路的设计

2.6.1 LED 照明灯驱动电路

由于探测车工作的环境较为恶劣,经常会处于黑暗或光线较弱的环境,因此需要一个 LED 照明灯.本文采用一个额定电流为 1 000 mA、功率为 5 W 的 LED 灯作为车载照明光源,并采用额定电流为 1 A 的 DD311 芯片作为其恒流驱动芯片.为实现上位机控制 LED 的开关,采用继电器方式控制 LED 灯的通断,并且使用 ULN2003 芯片驱动继电器.

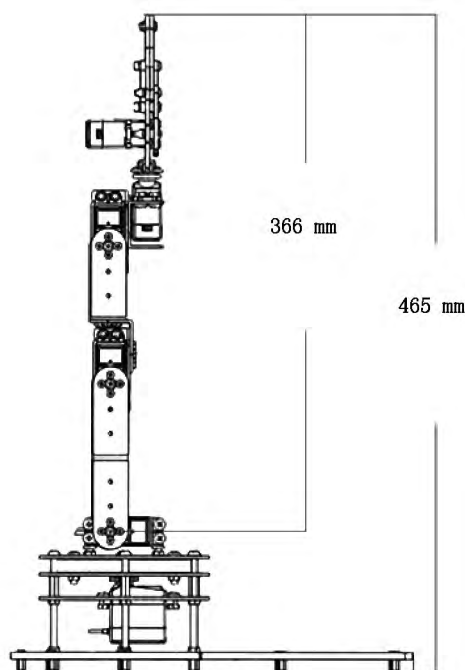


图 2 机械臂结构图

2.6.2 行进履带的驱动电路 行进履带是靠直流电动机驱动的,为确保其稳定工作,本文选用了两路 L298N 芯片驱动直流电动机.为防止直流电动机启动瞬间对其他数字芯片造成干扰,控制电路和驱动电路之间采用了光耦隔离控制,消除了由于直接电路连接造成的干扰.输出端接整流二极管,防止因反向电压过大而击穿 L298N 芯片,提高系统整体的稳定性.电路原理图如图 3 所示.

2.7 环境探测和感知系统

探测车为各种小型传感器预留了丰富的接口,分为模拟量传感器接口和数字量传感器接口.数字量传感器接口直接与总控系统的数据处理芯片 STM32F429ZET6 连接.由数据处理芯片读取输出为数字量的传感器所探测到的数据,传感器接口与 AD 转换芯片 PCF8591 连接,PCF8591 具有 4 个模拟输入、1 个模拟输出和 1 个串行 I2C 总线接口,在同一个 I2C 总线上可以同时连接 8 个 PCF8591 芯

片,节省总控系统的 I/O 接口资源,可将数字量转化为模拟量传给数据处理芯片. 因为 STM32F429ZET6 芯片具有 ADC 接口,所以也可与其直接连接,探测

车可以根据不同的探测需要挂载各种不同的传感器模块^[14-15],具有良好的兼容性.

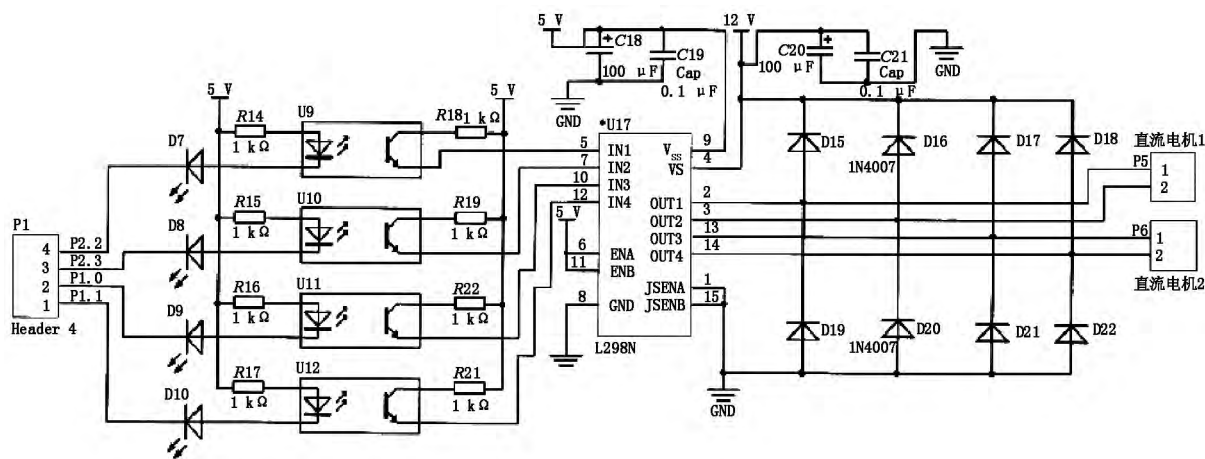


图3 电动机驱动电路原理图

3 软件设计

软件部分是探测车智能化的体现,它控制探测车的一起运行状态,包括无线传输链路的选择、行进状态、各传感器的工作状态、指令的发送、数据和图像的上传、数据的记录与处理等. 软件设计主要包括通信协议、上位机软件和下位机软件的设计等. 上位机软件主要功能是下发指令、接收上传的数据和图像. 下位机软件的主要功能是根据上位机的指令控制探测车作相应的反应、读取个传感器数据并控制无线传输模块上传以及上传视频等. 依靠的通信协议,上位机和下位机能实现通信,3部分相辅相成,缺一不可. 由于软件的设计和编写较为复杂,因此本位对软件部分作简单的介绍.

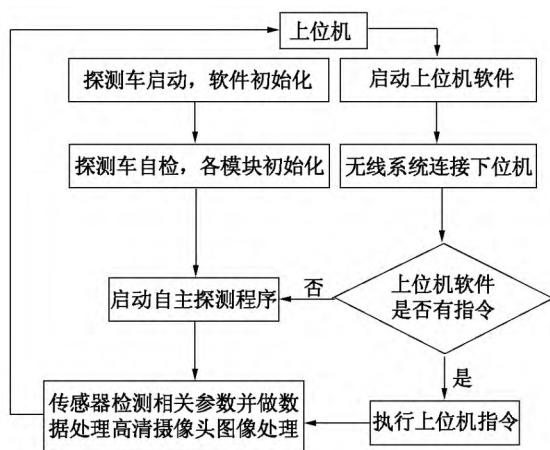


图4 软件流程框图

3.1 上位机软件

上位机端通过键盘控制探测车的行进方向和状态,通过读取操作人员手臂佩戴的动作捕捉模块数据控制车载机械臂,或通过键盘直接控制机械臂. 探测车上传到上位机的数据和实时视屏均显示在手提电脑上,上位机操作系统采用具有 Unix 内核的 Linux 操作系统,该操作系统具有安全、高速且源代码开放等优点,适合开发专业的上位机软件,上位机软件采用 Xwindow 可视化的操作界面,图形化的操作界面使操作简单、易于掌握.

3.2 下位机软件

下位机软件即嵌入式总控系统的控制软件,主要是为 STM32F429ZET6 芯片编写软件,使其可以接收上位机通过无线传输传给探测车的指令,并迅速精确地执行,控制探测车的各部分共同完成探测任务,并且可在脱机(脱离上位机的控制)状态下自主完成探测并返回.

3.3 通信协议

通信协议设计的质量直接影响到上位机与下位机通信的质量,所以通信协议的设计要格外严格. 由于单字符通信方式易受干扰而导致错误,本文采用数据包格式下传指令和上传数据,格式为: 包头标志位、功能控制位以及包尾标志位,其中包头和包尾标志位都为 0Xaa,二进制为 10101010,每一个数据包

进行一次操作 ,由于本文篇幅有限 ,只列举一部分上位机与下位机通信协议 ,如表 1 所示.

表 1 通信协议

功能控制位	功能	操作方式位	功能
0xb1	控制运动状态	0xf1	前进
		0xf2	后退
		0xf3	左转
		0xf4	右转
0xb2	控制 LED 灯开关	0xf1	打开 LED 灯
		0xf2	关闭 LED 灯

4 调试结果及评估

探测车采用了履带式行进设计、无线传输冗余设计、LoRa 直序扩频技术、仿生控制机械臂技术、4G 网传输技术等新技术 ,并在加装 GPS 模块、超声波测距模块以及红外避障模块后可实现自主完成预定探测任务 ,具有较高的智能化和易操作性;预留了丰富的传感器接口 ,可根据不同的任务搭载各种不同的传感器 ,是一个通用型的探测平台;搭载了车载机械臂 ,可实现救援和采样和修复等功能 ,而非传统探测车单一的探测功能.

履带式相比传统的轮式设计 ,可以广泛的适应各种复杂路况 ,抓地性好、爬坡仰角大 ,经过测试可以稳定通过仰角小于 35°的斜坡.

无线传输冗余设计采用了直接无线传输和利用 FDD-LTE 制式信号通过 4G 网络传输 2 种传输方式 .正常情况下采用直接无线传输 ,在超出传输距离或受到干扰而无法正常传输时 ,自动转到 LTE 模块通过 4G 网络传输指令、数据以及实时视频 ,提高了系统的可靠性和稳定性.

LoRa 是物理层或无线调制用于建立长距离通信链路 .许多传统的无线系统使用频移键控(FSK) 调制作为物理层 ,是一种实现低功耗的非常有效的调制 .LoRa 是基于线性调频扩频调制 ,它保持了像 FSK 调制相同的低功耗特性 ,但明显地增加了通信距离 .经过测试 ,无线指令和数据稳定传输距离不低于 7 500 m ,实现了较远距离的低功耗无线通信.

仿生控制机械臂技术通过安装在手臂上的 MPU6050 芯片感知手臂的动作 ,并以此来控制机械臂 ,经过测试可以简单而精确地控制机械臂完成各

种预定动作 ,相比于传统的按键控制要简便和精确.

经过测试该探测车性能良好 ,工作稳定可靠 ,无线操作反应灵敏精确度高 ,回传的视频清晰流畅 ,并且可任意搭载各种标准接口探测器 ,在无线信号因超出距离而中断时 ,可在 10 s 时间内自动切换到 4G 网络并恢复通信 ,提高了无线传输的稳定性和可靠性 ,在打开所有探测器及 LED 灯并保持最高速度行进的情况下续航时间 50 min ,各项指标均符合设计要求 ,它是一种稳定、可靠且用途广泛的多功能探测车 ,实物图如下图 5 所示.

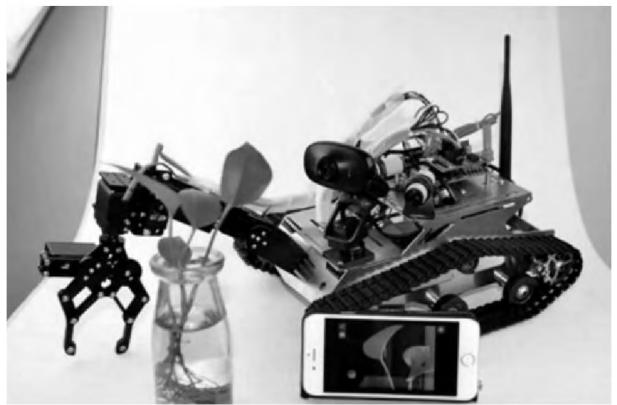


图 5 基于无线控制和视频传输的多功能探测车实物图

5 参考文献

[1] 黄莺. 基于 Android 系统控制的多功能小车系统设计 [J]. 河池学院学报, 2015, 35(5): 90-97.

[2] 张洁, 刘苹, 卢慧. 基于单片机 AT89C52 的多功能探测小车设计 [J]. 电子测量技术, 2014, 37(8): 85-88.

[3] 何光锋, 王凌云, 徐加鹏. 基于模块化控制的多功能智能小车设计 [J]. 现代电子技, 2013, 36(16): 137-139, 142.

[4] 廖建文, 彭永杰, 屈珣. 多功能多操作 wifi 智能小车的设计 [J]. 鲁东大学学报: 自然科学版, 2015, 31(3): 217-220, 232.

[5] 张传真, 张莉, 江建军. Android 平台无线视频监控小车的设计 [J]. 电子测量技术, 2013, 36(10): 19-22.

[6] 向诚, 谢峰粹. 基于 wifi 和 Android 的智能探测车设计 [J]. 电子技术应用, 2013, 39(12): 82-85.

[7] 龚天平. LORA 技术实现远距离、低功耗无线数据传输 [J]. 电子世界, 2016, 23(10): 115-117.

[8] 刘琛, 邵震, 夏莹莹. 低功耗广域 LoRa 技术分析与应用建议 [J]. 电信技术, 2016, 23(5): 43-46, 50.

- [9] 宋扬, 朱江. 基于 STC12C5A60S2 单片机的视频遥控小车设计 [J]. 电脑知识与技术, 2014, 10(1): 180-184.
- [10] 郭俊杰, 朱洪应, 蔡超敏, 等. 基于 STM32 单片机的视频遥控小车 [J]. 大学物理实验, 2015, 28(4): 47-50.
- [11] 陈丽. 基于 Zigbee 技术的无线仿生控制机械臂的设计 [J]. 数字技术与应用, 2016, 7(2): 33.
- [12] 赵亮亮, 马振书, 杜峰坡, 等. 多自由度的危险作业机械臂结构及控制系统 [J]. 机电一体化, 2010, 16(7): 68-71.
- [13] 梁春美, 陈晓彬. 基于安卓的多功能机械臂研究与设计 [J]. 通讯世界, 2016, 22(3): 233.
- [14] 千承辉, 慕振伟, 张楠, 等. 基于多传感器检测的智能安防巡逻小车 [J]. 吉林大学学报: 信息科学版, 2014, 32(4): 401-406.
- [15] 张洪, 钱胜, 陈路. 多传感器在确定智能小车安全区域中的应用 [J]. 传感器与微系统, 2013, 32(12): 145-148, 152.

The Based on Multifunctional Rover Wireless Control and Video Transmission

WU Mingli, WU Qi, LUO Xingfang*

(College of Physics and Communication Electronics, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China)

Abstract: Design of a multipurpose remote control and wireless video transmission based on the rover, based on embedded control system as the core, to achieve real-time remote control and wireless video transmission using wireless transmission technology, real-time image transmitted to the portable computer control terminal, and then through the computer to achieve control of the rover, but also through the control those sensors on the arm informed control arm action, control is simple and accurate to the mechanical arm on the car. And equipped with the LTE module, in excess of the transfer distance to the LTE module using 4G network to bear the data and video wireless transmission and wireless control, so that the probe vehicle can be stable and reliable work. And according to different task requirements, can be equipped with a variety of sensors, to detect the various parameters of the environment. And the detection of the vehicle using the crawler type design, can adapt to a variety of different road conditions. The rover can replace the dangerous and unknown areas of human beings and is not suitable for human beings into regional detection, rescue, sample collection, risk elimination work, effectively prevent the human into the danger caused by geographical exploration, implementation of the rescue mission of the personal injury and property damage.

Key words: wireless transmission; robot arm; embedded system; bionic control; sensor; 4G communication

(责任编辑: 冉小晓)