

一种手机平台控制的轮式探测机器人的设计与实现

李众力 谢 敏

中南大学信息科学与工程学院物联网工程系 湖南长沙 410083

基金项目：大学生创新训练计划项目校级C类项目(C112286)；大学生创新训练计划项目国家级项目(201310533027)。

【文章摘要】

本项目建立了一个远程实时控制系统，机器人利用摄像头将其采集到的视频信号压缩后，经过Wi-Fi模块通过无线网络传输技术将数据传送到控制端（手机），解压缩以后反应在控制端平台上，控制者通过这些信息发出相应的控制信号，系统再通过Wi-Fi模块将控制端的控制信号传输到远程终端（机器人），远程终端在ARM平台下的Linux嵌入式系统中对信号进行解析并进行相应操作响应，实现控制端对与轮式探测机器人的实时操控。

【关键词】

机器人；实时视频传输；无线遥控

0 引言

物联网是当下的热门话题之一，它体现了“无处不在的网络、无所不能的业务”的思想，正在改变着人们的生活方式和工作方式。目前，越来越多的工作也已经不是由人直接去进行，而是通过控制机器人去完成的，例如爆破作业、抢险救援等高风险性、高难度工作。本项目是采用移动终端去实时控制轮式探测机器人，由于视频信息采集量大，传输实时性高，并且使用方便，因此具有很大的实用价值和现实意义。

1 系统方案

整套系统分为控制端与被控制端，控制端为手机，被控制端为机器人。手机端接收机器人传回的视频信息并显示，同时可将用户的操作发送给机器人。被控制端接收用户传来的控制指令执行相应操作并将实时的视频信息传回控制端。系统示意图如图1所示：

被控端采用两层架构。上层以ARM处理器S3C6410为核心，选用广州友善之

臂公司的Tiny6410开发板作为上层的主板，负责视频采集、压缩，并将压缩后的视频通过Wi-Fi方式发送给远端的控制器（手机）。Wi-Fi无线通信利用无线路由器进行转发。

下层是以51单片机为核心的控制板，由Atmega88主控芯片、外围电路和电机驱动模块组成。主要负责机器人移动控制，摄像头云台运动控制以及其他传感器的数据采集。51单片机通过I/O口输出PWM信号控制直流电机的转速和转向，实现机器人的前进、停止、左转和右转。由于本项目的机器人采用的是有刷电机，需要用大电流来驱动，所以我们采用了最大电流高达60A的电子调速器作为电机驱动。

机器人主要由硬件系统和软件系统构成。硬件系统包括：ARM处理器、单片机、电子调速器、外围电路接口、电机、舵机、摄像头、电池等。其中，由于下层的电机耗电量巨大，如果采用统一供电的方式容易造成电压不稳定，影响上层控制器工作，所以在供电方面我们将上层与下层分开供电。软件包括：嵌入式Linux操作系统、外围设备驱动程序、Linux应用程序以及单片机应用程序等。

2 系统硬件设计

硬件系统主要由以下模块构成：图像采集模块、Wi-Fi通信模块、控制电源模块、Tiny6410、单片机Atmega88、摄像头云台、电子调速器以及方向舵机、直流电机模块等。具体结构框图如图2所示：

由于下层的电机耗电量巨大，如果采用统一供电的方式容易造成电压不稳定，影响上层控制器工作，所以在供电方面我们采用将上层与下层分开供电的方式。控制器电源模块内嵌稳压模块，可同时为Tiny6410和单片机供电，经过稳压处理后，控制器电源模块可给Tiny6410提供3.3V电压，给单片机提供5V电压。为满足下层电机的耗电需求，电子调速器由7.2V电池供电后，可自行稳压为方向舵机、直流电机以及2自由度摄像头云台供电，输出电压为5V，最高电流可达60A，保证直

流电机的正常工作。

所有的控制信号都由单片机发送的PWM波输出，PWM输出信号的高低可以控制直流电机的转速、方向舵机的转向以及2自由度摄像头云台的转动。当占空比加大时直流转速升高；占空比减小时，转速降低；当占空比为0时，电机停止工作。而2路PWM输出的正负顺序转换则可控制电机的正反转，从而控制小车的前进和后退。同样，不同占空比的PWM信号也可控制舵机的不同转向和2自由度摄像头云台的转向。

相比于下层系统，上层则稍微简单一些，各模块通过I/O接口链接到设备总线上，通过S3C6410微处理器统一管理。

3 系统软件设计

3.1 控制端软件设计

控制端采用的是基于Android系统的手机设备，控制端软件则是采用Java语言基于Android平台开发的。Android应用软件可实现客户端与服务器之间的数据通信。本系统的控制端软件主要可以完成以下功能：

在确保控制端与被控制端处于同一网络环境中后（即连接相同的无线路由器），搜索被控制端，得到被控制端的IP地址与控制端口号。一旦控制端与被控制端配对成功后则跳转到控制界面。

控制界面会随时监听屏幕按键状态，一旦相应按键按下，将会通过Wi-Fi发送相应的指令到被控端，被控端对指令进行解析后作出相应的动作。同时，为了让用户体验更佳，我们使用了手机的重力传感器，一旦监听到重力传感器数据的变化，就发送相应的方向控制信息到被控端，手机往左倾斜则向左转，往右倾斜则向右转。控制界面还有一个最重要的功能就是实时接收并显示被控制端传来的视频数据，以便实现远程实时监控。

3.2 机器人平台软件设计

机器人平台的软件是控制轮式机器人的智能化体现，它控制着机器人的所有运行状态。本设计在Linux系统平台上对机器人进行编程，首先对Linux内核进行剪裁，加载相关驱动，再将编译好的Linux系统镜像烧写到ARM11开发板中，完成机器人平台软件运行环境的搭建。

对于机器人的控制和视频的传输是本系统的关键技术之一，要完成客户端与服务端端的连接就需要通过socket编程实现。Socket有2种通信方式：面向连接的方式和无连接的方式，本系统采用面向

连接的方式,从而提高了系统的可靠性。

机器人平台的软件设计主要包含以下几个部分:网络连接脚步程序、命令转发服务器程序、视频转发服务器程序。机器人平台的软件设计成开机自动运行,以便系统能正在工作,其工作流程如图3所示:

机器人开机运行后会自动搜索并连接 Wi-Fi 网络,通过网络连接脚本程序可获得 IP 地址及控制端口号等信息。连接到 Wi-Fi 网络后,机器人可处理多进程,一个是命令转发服务器进程,另一个是视频发送服务器进程。

在命令转发服务器进程中,将实时监听端口,一旦收到命令将对命令进行解析,若为查询命令,返回本机 IP 地址;若为控制命令,则通过串口将命令发送给下层单片机。

单片机可根据指令执行相应操作,本小车利用舵机控制信号 cmd 控制电机,cmd 的第一位即 cmd[0] 表示控制信号类型。cmd[0]==m 代表移动命令,若 cmd[1]==1,则为直流电机控制命令,其后的数字范围为 -100~100,代表小车的移动速度,若 cmd[1]==2,则为舵机控制命令,其后的数字范围为 0~180,代表小车的转动角度。cmd[0]==c 代表控制摄像头云台命令,若 cmd[1]==1,代表云台左右转动,若 cmd[1]==2,代表云台上下转动。

4 系统优势分析

目前大多数移动平台控制的机器人都是基于 ARM9 所设计的,而本系统采用的主控芯片为 S3C6410,该 CPU 基于 ARM1176JZF-S 内核设计,技术较为成熟,各操作系统对其支持完善。分析各方面,本设计在以下几方面有较大优势:

1) 操作系统支持完善。本设计运行的操作系统为 Linux,内核版本为 2.6.38,对 S3C6410 支持完善,可以运行几乎所有 ARM 平台的 Linux 程序,设计的可扩展性大。另外, S3C6410 芯片也被 Android 系统支持,可以较为方便的移植 Android 系统开发应用。

2) 运算性能强。ARM9 的主频为 400MHz,而 ARM11 的主频可达 533MHz/667MHz,同时 ARM11 拥有 3D 硬件加速能力,内存也大,可满足本设计对于视频流的缓冲要求以及对控制信号的转换要求,性价比高。

3) 媒体处理能力强。S3C6410 增添了多媒体硬件编解码器,可支持视频会议,

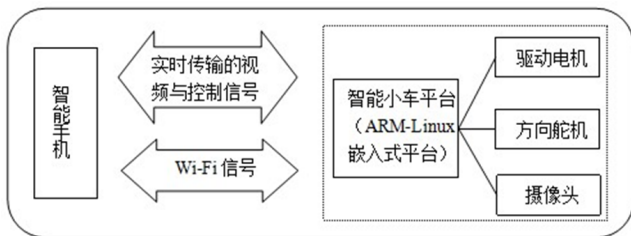


图1 系统示意图

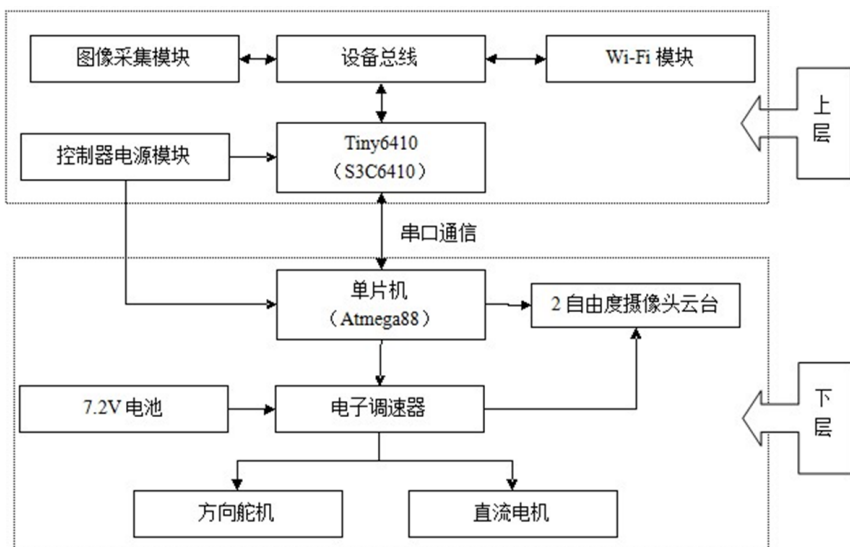


图2 硬件系统结构

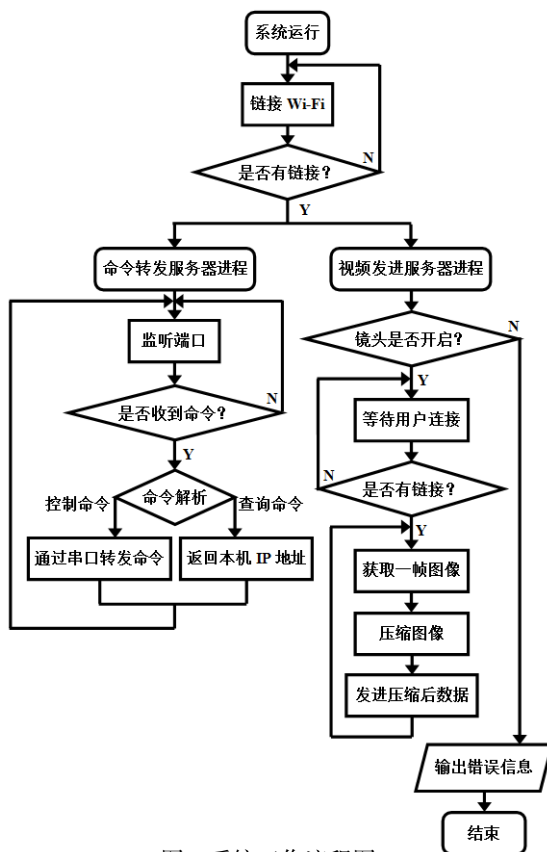


图3 系统工作流程图

S3C6410CPU 有 MFC 协处理器,可以硬件编码和解码 Mjpeg、H.263、H.264 的视频,为本设计中视频流的实时传输提供了可行性。

4)预留的 GPIO 接口数量多。GPIO 具有低功耗、低成本、小封装、布线简单等优点,本设计预留了较多的 GPIO 接口,为以后增添扩展功能预留了资源,如增加各类传感器模块、机械臂等,可以以完善轮式探测机器人的探测功能。

5)下层电机驱动板中预留资源多。本设计采用的电机驱动控制板拥有两块 L298 集成电机控制芯片,能同时控制 4 个独立的直流电机,有 7 路符合舵机控制规

范的 PWM 信号输出,能直接连舵机。同时,支持多片级联,采用 485 总线方式,可以扩展出任意多个控制模块,完美解决控制元件较多的问题。

以上这些优点,使得本设计不仅能够解决大多数移动机器人所不具备的实时视频传输能力,同时,多预留资源也使得本设计的可扩展性大大提升,为以后的研究、学习奠定了基础。模块化的分工也为他人学习提供了便捷,可作为一款典型的教学工具。

【参考文献】

[1] 杨丰盛, Android 应用开发解密 [M].

北京:机械工业出版社,2010;

[2] Neil Matthew, Richard Stones. Linux 程序设计 [M]. 陈健,宋健健译.第 4 版.北京:人民邮电出版社,2010;

[3] Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. 计算机网络.严伟,潘爱民译.第 5 版.北京:清华大学出版社,2012.

【作者简介】

李众力(1992-),男,天津,物联网工程,本科四年级,从事机器人远程监控方面的研究。

》接 015 页

第三代稀土钕铁硼强磁性永磁体构成的线性霍尔电位器,与普通的电阻电位器相比,霍尔电位器由于是非接触型,因此不会有电阻电位器因为长期使用而导致线性度改变、量程缩短和产生死区电压的问题,并且霍尔电位器的线性度非常好,微调以及开关通道是用来辅助航模上一些其他控制而设计的,它可以用来微调数字舵机或者改变电位器的控制幅度。STM32 的 12 位 ADC,实际测试该方案的全量程采样点能达到 1600 个,并且线性度非常好。12864 液晶用来显示目前的控制状态、控制量以及一些有用的控制信息。

2 航模控制系统的模型

航模三轴姿态控制,为了简化问题,我们把航模可以控制的三个轴提取出来。

图三所示,航模三个运动轴,三轴互相垂直。一般来说,正常飞行过程中,偏航轴应和重力轴相差一个较小的角度。当航模需要发生姿态转换时,是通过航模上的数字舵机控制各舵面的偏转,由气流产生的升力和反作用力从而达到控制航模姿态改变的目的。以上图中的水平尾翼为例,当航模向上爬升的时候,水平尾翼应向上翻转,由气流作用于尾翼,产生的向下的作用力,随后尾部下偏,机头则会上偏,俯仰角会发生改变,达到飞机整体向上爬升的目的。反之同理,当飞机俯冲时,尾翼向下翻转一定角度,机头会往下偏,飞机整体向下俯冲。在对航模姿态进行测量时候,方案采用 mpu6050 自带的 DPM 数字运动处理引擎可减少复杂的融合演算数据、传感器同步化、姿势感应等的负荷,通过直接读取 mpu6050 的 FIFO 中的数值,对姿态进行解算。

此外航模制作过程中应注重整体平衡性,特别是重心位置,因此,舵面不要太大,否则很难控制,稳定性极差。下图是自制的塞斯纳型航模

3 系统软件设计

3.1 控制系统分为发射和接收两部分

分

发射部分程序相对简单一些,主要用到 STM32 的 6 路 12 位 ADC 采样,然后进行简单的滤波之后进行对应的数据处理,然后将对应的控制信息通过 SPI 插入到 SI24R1 的发射帧中,由 SI24R1 无线模块发射出去。发射机程序流程图如下所示:

接收端接收到发射帧以后,进行 CRC 校验,然后从对应的帧中读取到相应的控制信息,然后再次进行数据处理,转换为对应的控制量,控制舵机和马达。同时接收端 STM32 通过中断读取 MPU6050 中的数据,而后进行姿态分解,通过和预置信息的对比,若超出警戒范围,STM32 会暂时脱离遥控器的控制,切换到自控,等恢复到安全状态时再次接收发射机的控制信号。接收机程序流程图如下所示:

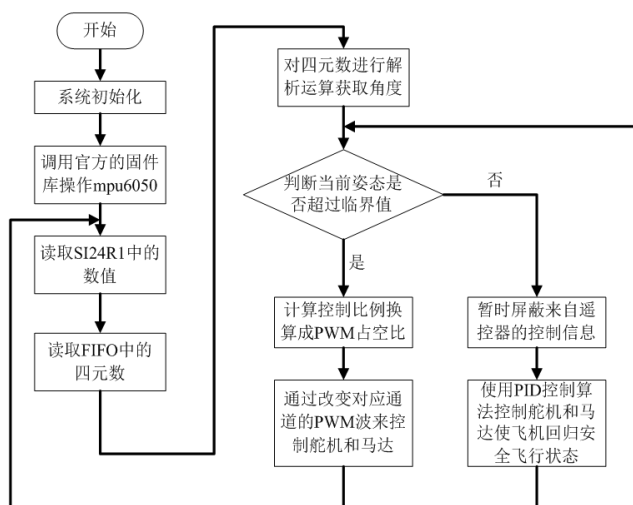


图 6 接收机程序流程图

文中所述的飞行控制系统较为精简,省略了一些繁复且与主体相关性不大的论述,主要介绍了航模遥控系统的主体及其实现方法,为航模安全控制提供了一种可行的方案,并且制作出实物模型进行验证,具有一个真实的参考模型,并可为其他控制系统提供借鉴。

【参考文献】

[1] STM32F101xx、STM32F102xx 和 STM32F103xx 的数据手册, <http://www.st.com/mcu/>

[2] 苏永振,等.基于 ARM 的无人机飞行控制系统的实现[J].计算机测量与控制,2005

[3] 王永虹,徐炜,郝立平. STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社.

4 结束语