基于手机终端无线通信系统的设计与实现

蒋嘉柔 苏寒松 李 婷
（天津大学电子信息工程系 天津 300072）

摘 要： 设计了一种利用 iPhone 手机终端和 RT5350 模块互传指令和数据的无线通信系统。系统通过建立一个无线局域网平台，以 STM32 单片机和 RT5350 模块作为硬件平台，以搭载 IOS 系统的智能手机作为客户端，结合 TCP/IP 传输协议和串口传输协议，实现了视频数据流、手机控制指令、以及相关数据的无线传输。此系统不仅实现了控制指令的下传，还实现了数据信息的上传。经测试，该无线通信系统在 35 m 范围内能够流畅的查看摄像头拍摄的视频，进行无错控制和无错数据传输，并且两个传输过程互不干扰。

关键词： RT5350；STM32；无线通信；手机终端
中图分类号： TP393.1 **文献标识码：** A **国家标准学科分类代码：** 5510.5015

Design and implementation of wireless communication system based on mobile terminal

Jiang Jiarou Su Hansong Li Ting
(School of Electronic Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: A wireless communication system which is using iPhone mobile phone terminal and RT5350 module to transfer instruction and data to each other is proposed in the paper. The system establishes a wireless LAN platform, regarding the STM32 microcontroller and the RT5350 module as the hardware platform, the intelligent mobile phone which equipped with IOS system as the client, combining the TCP/IP protocol and serial transmission protocol and implementing the wireless transmission of video data stream, the mobile phone control instruction, and associated data. This system not only realizes the down transmission of the control instruction, but also realizes the upload transmission of data information. After testing, the wireless communication system can smoothly watch the video collected by camera , control the hardware without error and transmit data without error within a range of 35 meters, and the two transmission process does not interfere with each other.

Keywords: RT5350; STM32; wireless communication; mobile terminal

1 引 言

随着移动互联网时代的到来，各种智能手机迅速占领手机市场，而 WiFi 也成为了生活中必不可少的网络连接工具[1]。随着通信技术网络和电子技术的发展，智能手机逐步进入智能家居、工业控制等领域[2]。而以手机作为终端的监控形式，是当今蓬勃发展的一项远程监控技术[3]，以它控制硬件，因其携带方便、操作简单等特点已成为其技术的一项重要应用。尤其是在近几年，得到了迅猛的发展，不仅仅在军用领域，民用领域也日益兴盛。

在本设计中，首先使用带有 RT5350 核心的模块刷入 OPENWRT 系统，然后编译视频流 mjpeg-streamer 程序及 Ser2net 程序，得到 ipk 文件后下载到 RT5350 模块中，利用此 RT5350 模块带有 USB 摄像头接口和串口的特性，USB 摄像头自动采集视频流交由 mjpeg-streamer 程序处理。iPhone 手机客户端通过读取 mjpeg-streamer 的视频数据流把摄像头采集的视频实时显示在手机上，同时通过 TCP 协议实时发送控制指令。同时，STM32 单片机一方面通过串口指令来驱动电机控制运动过程；另一方面又在不断采集环境数据和距离数据上传并显示在手机屏幕上。

2 总体设计

一个典型嵌入式系统一般由硬件层和应用软件层组成[4]。本设计硬件平台采用 RT5350 模块和 STM32 单片机组

收稿日期：2015-03

成,RT5350模块开发环境为OPENWRT,同时,此RT5350硬件平台上集成了摄像头USB接口和串口。USB摄像头和USB接口相连,RT5350硬件平台上的串口既是网络串口,负责无线数据的发送和接收,同时又是两个硬件设备之间的数据通信串口,与STM32串口相连。摄像头上配有专用的云台和电机,使得此摄像头可以自由旋转,拍摄360度的景象而不仅仅局限于正前方的景象。此RT5350模块有3个作用:

1)用来实现视频数据以及感应数据的无线上传;

2)实现手机端指令数据的无线接收;

3)与STM32单片机的数据交互。

STM32单片机作为下位机的硬件平台,装载在车体上,是控制核心和采集核心。控制核心指对车体的控制:前进、后退、转弯、移除障碍物等,采集核心主要是指采集环境数据和距离数据传往手机终端。环境数据主要是指温度数据和湿度数据,所用的传感器为DHT11温湿度传感器,距离数据主要用超声波模块来采集,超声波模块置于车体最前端。车体外围还包括特殊设计的光照电路,使得此车在黑暗中能够以最低功耗正常工作。车体上还装有一个机械臂,主要用来接收手机终端的指令执行移动障碍物的操作。

视频和相关数据通过RT5350这个传输媒介无线传到手机终端上。手机终端既可以接收由RT5350上的网络串口或者TCP端口发送的各类数据,又可以发送控制指令通过程序中规定的TCP端口传到RT5350模块,RT5350模块再利用本身网络串口传送该控制指令到STM32单片机——实际控制车体运动的硬件平台。

总体结构框图如图1所示。

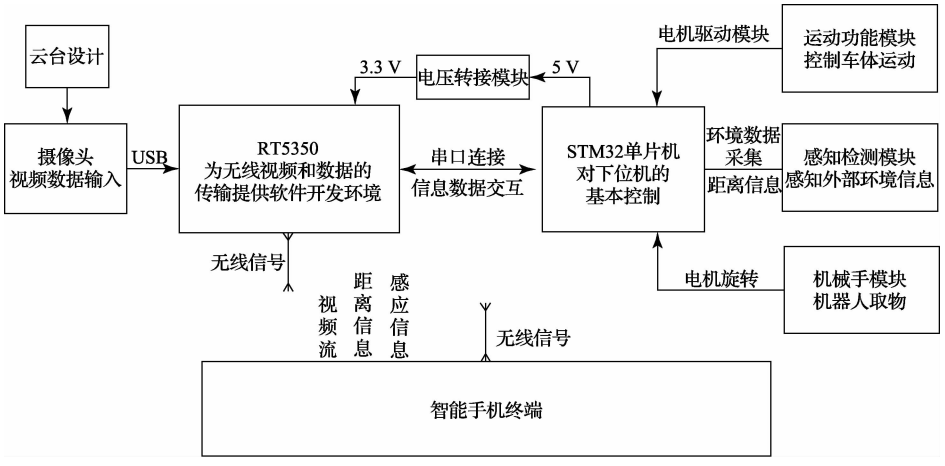

图1 总体结构

3 RT5350模块开发环境的搭建

RT5350是在OPENWRT平台上开发,此OPENWRT平台在能够被开发之前需要做必要的准备。

3.1 OPENWRT平台的搭建(开发步骤)

在Ubuntu12.04系统环境下,装好必要的软件包后,下载OPENWRT环境,配置好必要的选项后,编译固件,编译结束后把相对应的.ipk文件下载到RT5350开发板。下载完成后在RT5350开发板配置网络,配置完成后在手机或者PC上就可以搜索到其建立的无线局域网,这样基本的环境就搭建好了。

3.2 驱动的移植

平台搭建好后,需要为接入设备(在这里指摄像头)安装必要的驱动和转化包。

首先需要把Ser2net应用程序的ipk编译入RT5350平台中。Ser2net的作用是把接收到的网络数据(TCP/IP格式)转化为处理器可以处理的串口数据,同时也可以把串口数据打包成网络格式(TCP/IP格式)发送出去。这是网络串口最基本的形式。在此无线控制系统中,此程序发挥着重要的作用。把此程序放入RT5350的启动项程序中,只要RT5350一上电就自动启动该程序,即启动监听。每当串口接收到来自STM32的数据,或者从手机终端接收到指令,便会自动触发该程序,把串口数据自动打包或者把控制指令解析成处理器能处理的字符,再送到下一级处理。其次,安装通用USB摄像头驱动gspcav1,安装这一驱动的目的是让USB摄像头在RT5350平台上得以识别。最后,还要安装支持视频流处理的各类驱动如V4L2等。

3.3 视频监控环境的搭建

必要的驱动和安装包安装好后便可以开始搭建视频监控环境。在这一过程中,需要安装mjpeg-streamer。mjpeg-streamer有以下的目录结构:mjpeg-client—监控客户端;mjpg-streamer—mjpeg流媒体服务器,以插件的形式支持不同的视频采集和流媒体协议输出;mjpg-streamer-experimental—实验版本的流媒体服务器,以插件的形式支持不同的视频采集和流媒体协议输出;udp-client—QT客户端,以及uvc-streamer—uvc服务器。在视频传输过程中,实际需要使用的是mjpeg流媒体服务器,它可以支持不同格式的视频采集且以mjpg流媒体协议输出。编译该流媒体服务器时,输入插件选择编译“input_gspcav1.so”,一起编译入OPENWRT开发环境后,在终端就可以运行该程序了,同样把此写入了开机启动程序中,

使 RT5350 一上电就自动运行此程序。同时，它使用 V4L2 接口，运用 socket 编程和多线程编程。设置完成后，应用程序可以在此基础之上进行开发。

4　各模块构建和功能实现

4.1　云台设计

云台由两个 28BYJ48 减速步进电机上下垂直分布组成，28BYJ48 电机是四相五线的步进电机，控制电压为 5～6V，步进角为 7.5°，采用四相八拍的驱动方式，由于单片机的 I/O 口驱动电流有限，另外采用驱动模块 UCN5804B 完成控制。UCN5804B 驱动模块包含 4 个输入控制信号，分别控制电机的上下、左右旋转。步进电机驱动原理图如图 2 所示。

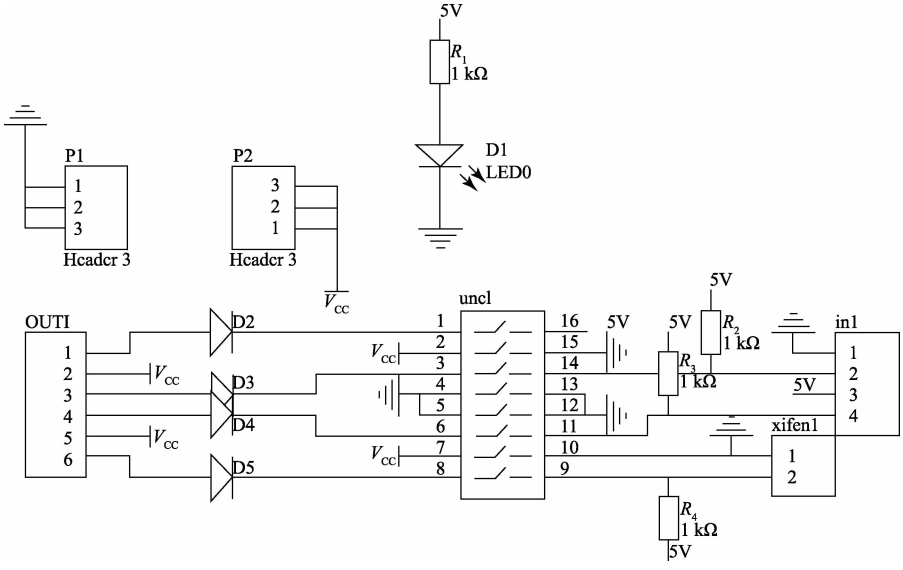

图 2　步进电机驱动原理

此云台的工作原理是，通过按下手机终端界面上的按钮发送相应字符，当按下云台对应下的“正”按钮时，使得对应的步进电机往左方向转过一定角度，当再次按下“正”按钮时，使得电机再往左转一定角度，以此类推。当按下在手机终端界面上的“反”按钮时，使得对应的步进电机往右方向转过一定角度，当再次按下“反”按钮时，使得电机再往右转一定角度，这样就使得两个步进电机根据控制自由转动到相应的角度。

4.2　电压转接电路的设计

RT5350 模块供电电压是 3.3 V，而 STM32 单片机供电电压是 5 V，STM32 单片机由电池直接供电。在它们之间设计了一个 5 V 转 3.3 V 的转接电路，使得当一个锂电池供电时，两块开发板都能够正常工作。转接电路如图 3 所示。

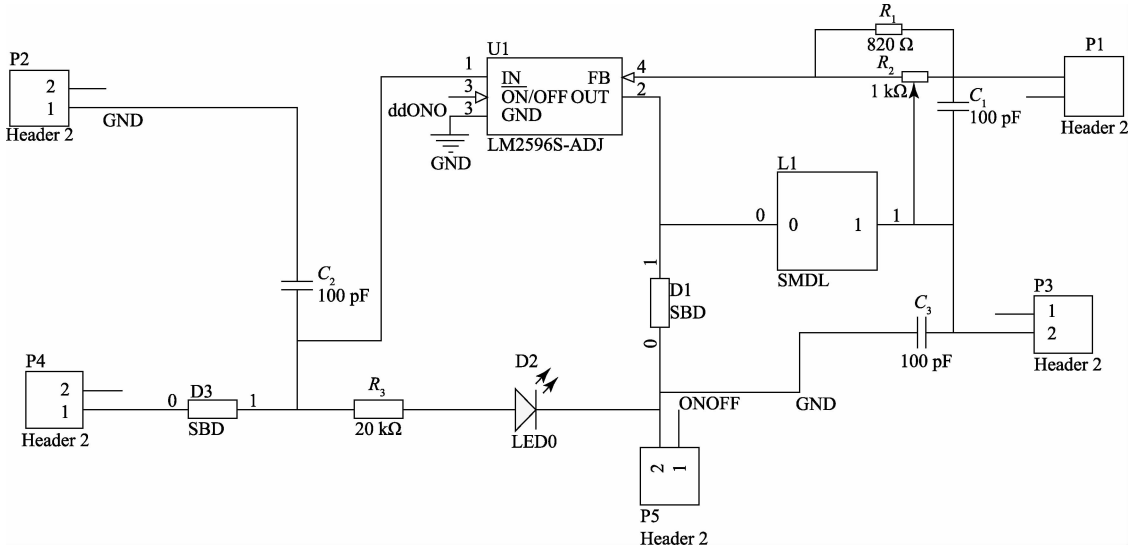

图 3　电压转接电路

4.3　无线传输网的搭建

上了 OPENWRT 系统的 RT5350 模块本身就可以充当一个路由器来使用,所以 RT5350 模块可以构成一个无线局域网,由手机等终端设备可以连接到此无线局域网。以 RT5350 作为传输媒介,在 RT5350 模块和手机终端之间传输视频流和数据信息。USB 摄像头、RT5350 模块、手机终端都在由 RT5350 构成的同一个无线局域网中。无线传输网的搭建如图 4 所示。

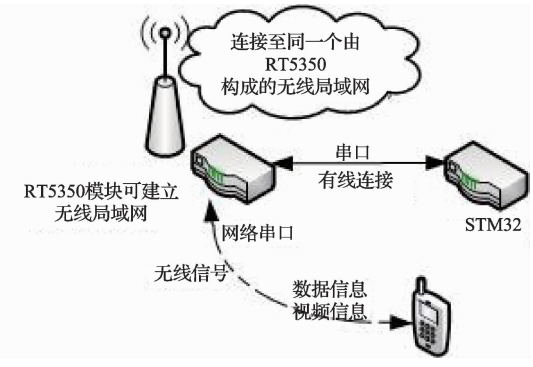

图 4　无线传输网搭建

4.4　视频传输

USB 摄像头采集到视频数据之后,交由 RT5350 模块处理。因为 RT5350 模块开发环境中已经搭建好并且上电运行了视频流 mjpeg-streamer 程序及 Ser2net 程序,在运行同时配置好了视频格式和接收方地址信息,所以视频流信息会被自动打包处理。处理好后,Ser2net 自动把视频信息转化成 TCP/IP 格式,由网络串口发送到手机终端,智能终端会获取视频编码数据并解码进行可视化监视[3]。具体过程如图 5 所示。

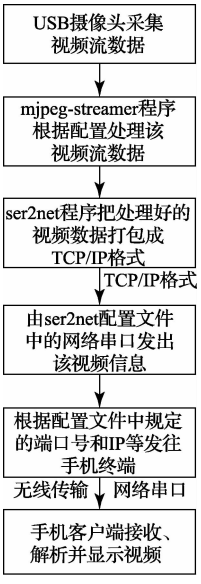

图 5　视频处理传输流程

4.5　STM32 控制核心

运动功能模块主要是指由电机和电机驱动模块组成的功能模块。驱动单元是控制系统的重要组成部分[5]。电机驱动模块和 STM32 单片机连接,从而只需要控制单片机的 IO 口就可以直接驱动车行走。在这里电机驱动模块是 L298N。下图中,左侧的 Port1～Port4 为输入端,分别接 STM32 的单片机 GPIO 口。OUT1～OUT4 为输出端,与电机接在一起。ENA、ENB 为使能端,也接单片机 GPIO 口。GND 接地,VSS 接电源。设计用 L298N 同时驱动两个电机,电路原理图如图 6 所示。

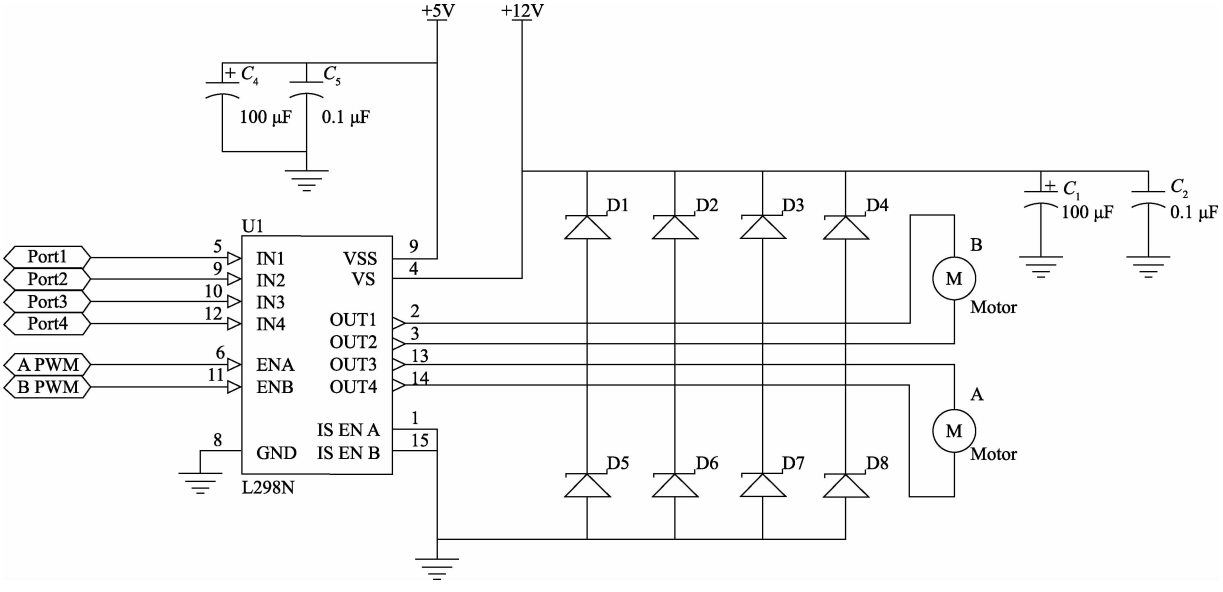

图 6　L298N 驱动原理

具体的执行流程如图 7 所示。

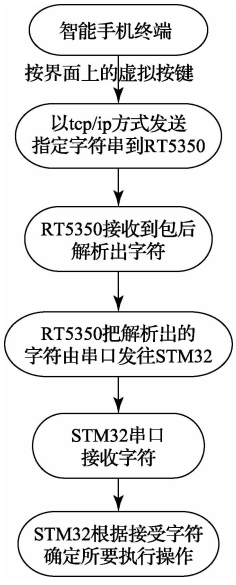

图 7　运动功能模块执行流程

4.6　感知检测模块

感知检测模块主要由一些传感器组合而成，主要的环境传感器有温湿度传感器、超声波模块等。温湿度传感器检测环境温度和湿度，超声波测距模块检测车与前面障碍物的距离，把测得的温度和湿度以及距离值传回手机终端。具体执行的流程如图 8 所示。

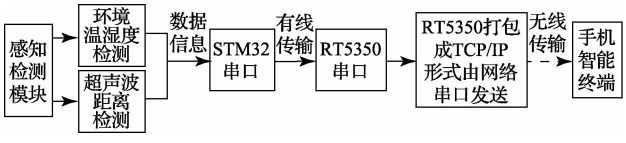

图 8　感知传感器模块执行流程

4.6.1　环境温湿度检测

本设计采用温湿度传感器 DHT11 来检测环境温湿度，DHT11 是比较常用的检测环境温湿度的传感器。DHT11 有 3 个引脚，电源引脚、地引脚和数据引脚分别连接电源、地以及 STM32 单片机的 GPIO 引脚。需要注意的是 DTH11 的 DATA 引脚输出的数据是十六进制的，需要在程序中把它转化为十进制。具体连接电路图如图 9 所示。

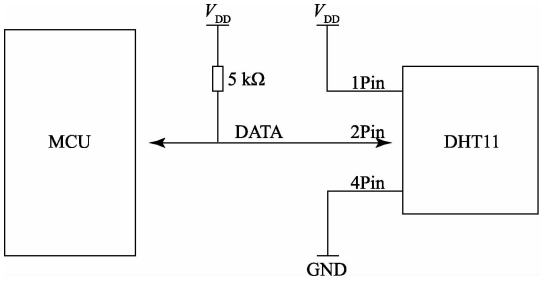

图 9　DTH11 具体连接电路

4.6.2　距离信息检测

本设计中的距离信息的检测是用超声波传感器 HC-SR0 模块来检测。此模块的测距范围为 3～400 cm，测距精度可达到 3 mm。此超声波模块使用方便，是大众测距的首选。它有 4 个接口，分别是电源、地、触发信号输入、回响信号输出。电源和地分别和 STM32 的电源、地连接，两个信号接口分别和 STM32 的 GPIO 引脚相连。STM32 芯片采用片上系统的设计，已经将芯片的内核及外设都编写了驱动库，更加简化了应用的难度[6]。其工作原理是发射探头发出由单片机 IO 口输出的方波脉冲，然后经由障碍物反射由接收探头接收，经检测电路处理后返回一个高电平，此高电平持续时间就是超声波发射到返回的时间。需要注意的是这是所测距离的 2 倍，实际程序中需要除以 2 才能得到正确结果。

4.7　机械臂模块的设计

机械臂模块主要由电机和相关机械结构组成。机械臂模块主要作用是方便车清除在它前方的障碍物，增加了车的灵活性。通过手机终端上的虚拟按键按下的长短来调节两个主要角度，一是关节电机旋转的角度，这个关节电机可以让机械臂举起前方物体至一定高度；二是机械臂末梢的电机角度，这个电机可以让机械手夹紧障碍物而不使其掉落。

此机械臂的工作原理是和云台的控制原理一致，都是通过按下手机终端的虚拟按钮来控制电机的旋转。如图 10 所示机械手实物。

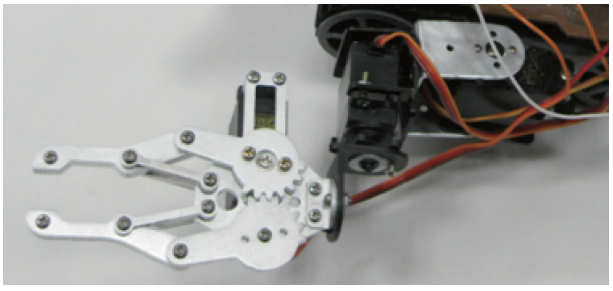

图 10　机械手实物

4.8　光照电路的设计

灯电路模块上的光敏电阻实时监测环境亮暗从而控制灯的亮暗，原理则是采用了光控调压器的原理如图 11 所示。更加有利于锂电池电量的节省。

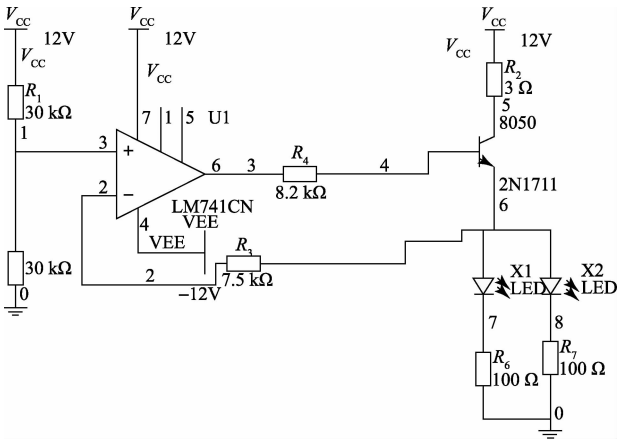

图 11　自动控制灯亮暗的电路

4.9　网络串口与实际串口的数据传输

UART 即通用异步接收/发送装置,它是一种通用串行数据总线,用于异步通信。该总线双向通信,可以实现全双工传输和接收[7]。在本系统设计中,网络串口实际上也是 RT5350 上的一个实际串口,因为它负责数据的无线发送和接收,所以把它称为网络串口。与此同时此串口有线连接 STM32 的实际串口,通过 RS232 串行接口实现通信[8],即通过串口(USART)将数据传输到 STM32 内部数据寄存器中[9]。两个硬件平台上实际相连的串口设置需要相同,波特率、停止位、数据位等需要一致。串行数据接口标准采用 RS232 标准,它由发送数据线(TX)、接收数据线(RX)和地线,3 根信号线组成。本系统采用波特率是 9 600 bps。这其中分为 3 种情况:

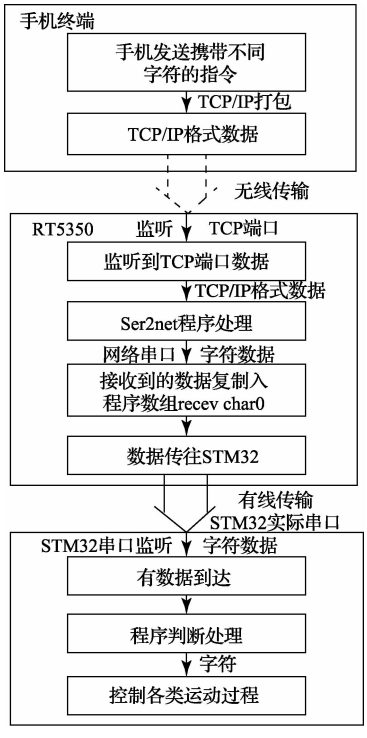

图 12　来自手机终端的指令数据的接收

第 1 种情况:若网络 TCP 端口接收到来自手机终端的 TCP/IP 格式的指令数据,程序会把此 TCP/IP 数据解析成原始字符,该字符是可以被 OPENWRT 系统识别,再把该字符由网络 TCP 端口传入网络串口,再由此串口送往 STM32 单片机串口如图 12 所示。

第 2 种情况,若串口接收到来自 STM32 单片机串口发出的环境数据或者距离数据,此信息则以原始字符形式出现,Ser2net 程序就把此类数据打包成 TCP/IP 格式发送到程序中指定的网络端口和 IP 上(在这里指手机终端)。手机终端软件会解析出字符数据显示在手机终端界面上如图 13 所示。

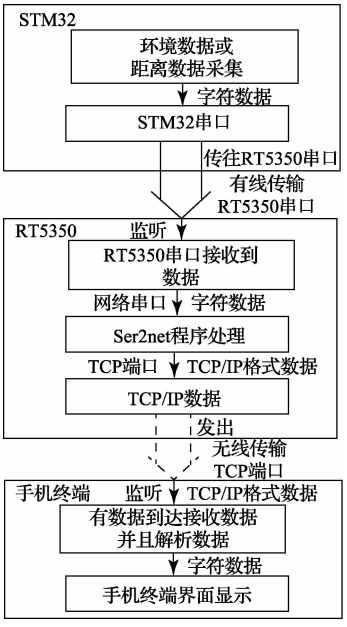

图 13　相关数据的上传

第 3 种情况,若串口接收到来自 RT5350 上 USB 摄像头采集后又经过 mjpeg-streamer 程序处理后的视频数据,传往 Ser2net 程序再次进行处理(打包成 TCP/IP 格式),接着发往由网络端口和 IP 指定的手机终端。手机终端会解析出处理过的视频信息显示在界面上如图 14 所示。

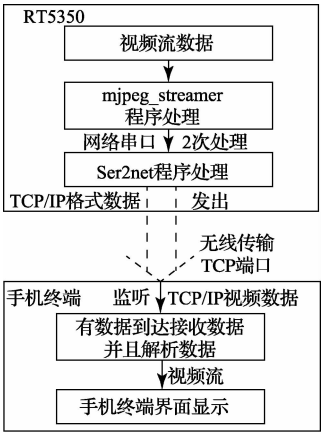

图 14　视频信息的上传

数据在整个系统上的处理和传输过程主要以上述 3

种情况为基础，以下是数据在整个系统上的处理传输图。

5　软件设计

5.1　STM32 下位机程序执行流程

STM32 是系统的控制核心和采集核心。控制模块部分主要有运动控制和障碍物处理，采集模块部分主要有环境数据和距离数据的采集，这些数据的无线传输都和 STM32 上的串口息息相关。具体的程序流程如图 15 所示。

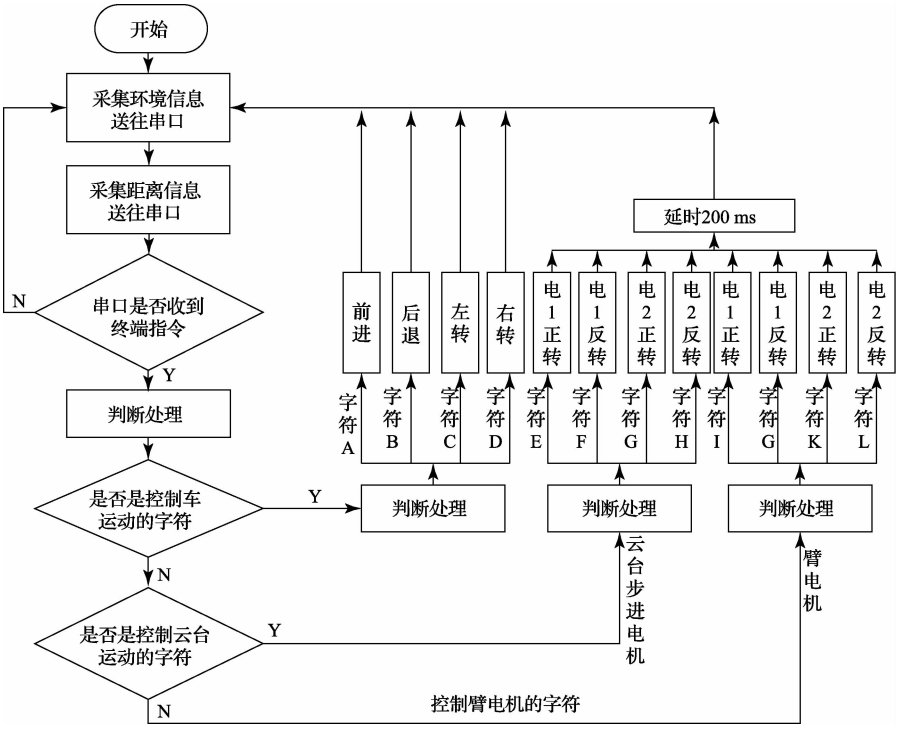

图 15　STM32 程序流程

5.2　mjpeg-streamer 程序处理

在视频传输过程中，我们实际需要使用的是 mjpeg 流媒体服务器，它可以支持不同格式的视频采集且以 mjpg 流媒体协议输出。运行时，需要在配置文件里输入视频配置的参数，具体的参数有：

1）图像输入（视频采集）插件，在这里是 input_gspcav1.so；

2）视频摄像头设备节点：在这里是/dev/video0；

3）根据摄像头的型号来设置分辨率，在这里是 640×480；

4）帧率，即 1 s 内采集与发送的图像帧数，在这里是 30；

5）网络输出端口，在这里是手机终端配置的接口（IP 地址）

mjpeg-streamer 工作流程如图 16 所示。

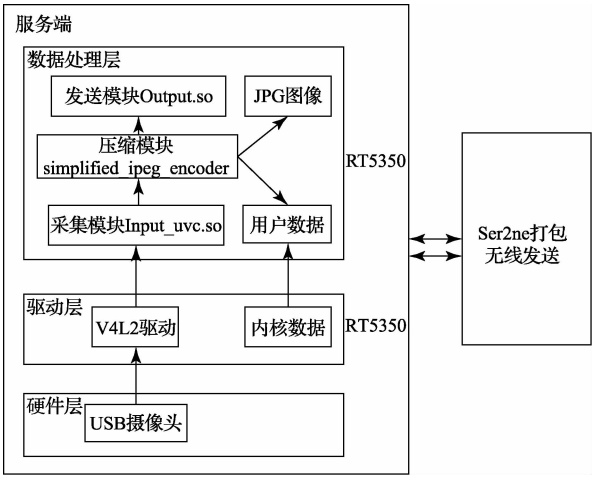

图 16　mjpeg-streamer 工作流程

mjpeg-streamer 程序流程如图 17 所示。

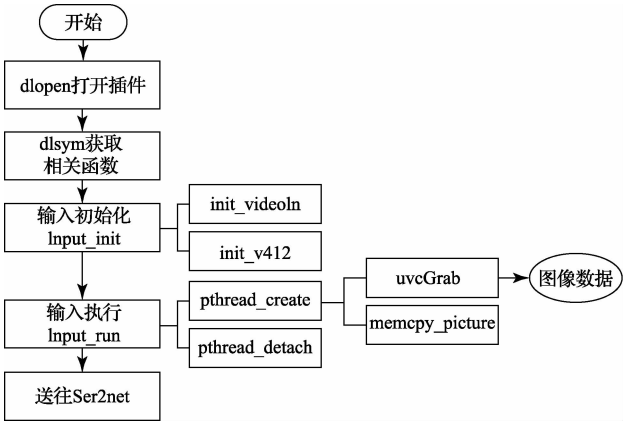

图 17　mjpeg-streamer 程序流程

5.3　ser2net 程序处理

Ser2net 程序可以实时双向传输数据,同时可根据依据的配置文件设置,可以配置成串口数据转成网络格式数据(net)和串口数据转成 TCP/IP 格式数据,在配置文件中,设定了串口转 TCP/IP 格式,同时在配置文件中设定了网络端口号、IP、监听串口号、串口波特率、停止位、奇偶位设置等。配置串口信息规定格式如下:

2001: raw: 0:/dev/ttyUSB0: 9600 NONE 1STOPBIT 8DATABITS

2001 是指 TCP 的监听端口号,即 TCP 端口,raw 是指双向传输,0 是指接通等待时间为 0s,/dev/ttyUSB0 是指设备和设备存在的目录,9600 是指串口波特率,NONE 是指无校验位,1STOPBIT 是指 1 位停止位,8DATABITS 是指 8 位数据位。此程序中的串口也就是网络串口。

在这里,Ser2net 程序的作用是时刻监听串口或 TCP 端口,一旦有数据,会立即将数据转化成需要的格式。Ser2net 程序流程如图 18 所示。

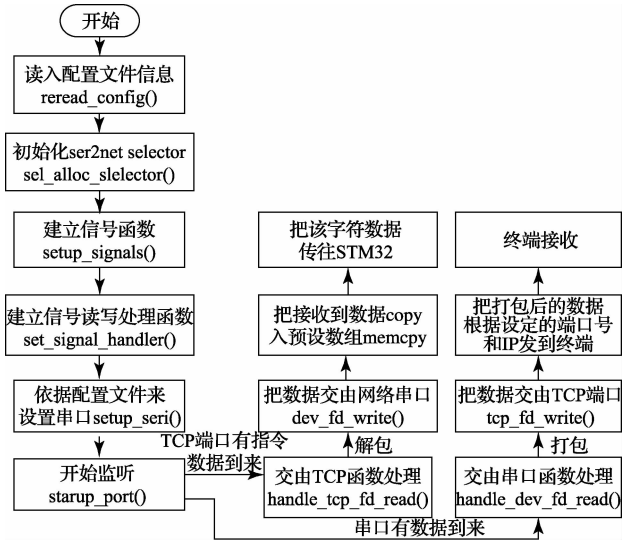

图 18　ser2net 程序处理流程

6　实验数据分析和系统测试

6.1　实验数据分析

在本设计中,用来刷 OPENWRT 系统的无线路由器属于家用型,当没有上 OPENWRT 系统时,经过室内测试,产品正常工作范围在 40 m 左右,可穿透两面墙。考虑到刷入 OPENWRT 系统后刷入了软件包和相应程序,正常工作范围可能变小。因此设计的无线通信系统需要通过测量不同操控距离下控制指令和数据信息的正确性以及视频帧率,通过数据对比得出智能终端的最佳控制范围。

经过大量的数据测试,所得结果如表 1、表 2 所示。从表 1、2 中可以看到,操控距离小于 35 m 时,控制指令和数据信息传输的正确率均在 98%以上,视频帧率在 24 帧/s 以上,智能终端的视频比较流畅。而当操控距离大于 35 m 时,指令正确次数开始大幅下降,数据信息开始出现遗漏,视频帧率也越来越小,视频已经出现明显卡顿,实时性较差。此时尽管路由器仍在工作状态,控制指令和数据信息仍然可以传输,但是正确率却越来越低,视频流畅性也越来越低。

基于测试得出:设计的无线通信系统正常工作距离在 35 m 以内最优。

表 1　无线通信系统的控制指令传输距离数据

距离/m	指令个数/个	正确指令/个	视频帧率/(帧/s)
5	30	30	26
10	30	30	26
15	30	30	26
20	30	30	26
25	30	29	25
30	30	29	25
35	30	30	25
40	30	27	23
45	30	22	15
50	30	15	9
55	30	8	3

表 2　无线通信系统数据信息传输距离数据

距离/m	信息个数/个	正确信息/个	视频帧率/(帧/s)
5	60	60	26
10	60	60	26
15	60	60	26
20	60	60	26
25	60	59	25
30	60	59	25
35	60	60	25
40	60	55	23
45	60	46	15
50	60	32	9
55	60	20	3

6.2　系统测试

把硬件和对应的手机终端相连，即在设计好的应用软件上主界面输入网络 IP 和端口号与模块进行连接[10]。手机终端的软件在 IOS 系统上开发，为用户提供了直观化、形象化、人性化的界面，方便用户进行实时监控[11]。界面分视频显示窗口、运动控制窗口、云台窗口、机械臂窗口、以及一个数据接收区。运动控制端口主要有前、后、左、右 4 个按钮，分别表示车的前进、后退、左转、右转。视频显示窗口显示车摄像头拍摄到的视频。云台窗口和机械臂窗口下都有两个电机的控制正、反转按钮。在图中上测按钮代表机械电机 1 和云台电机 1 的正、反转，下测按钮代表机械电机 2 和云台电机 2 的正、反转。数据接收区主要是接收由 STM32 测得的数据信息，排列的顺序分别为温度信息、湿度信息、与前方障碍物的距离信息。WiFi 控制平台根据用户需要发送相应环境参数或是预显示信息至显示屏显示[12]。这里检测温、湿度使用了 DHT11 传感器，由于精度有限，该传感器检测出来的数据小数点第 1 位始终为 0。超声波传感器检测的距离保留到小数点后 1 位。数据接收区每 3 次刷新 1 次数据。手机终端界面以及测试结果如图 19 所示。

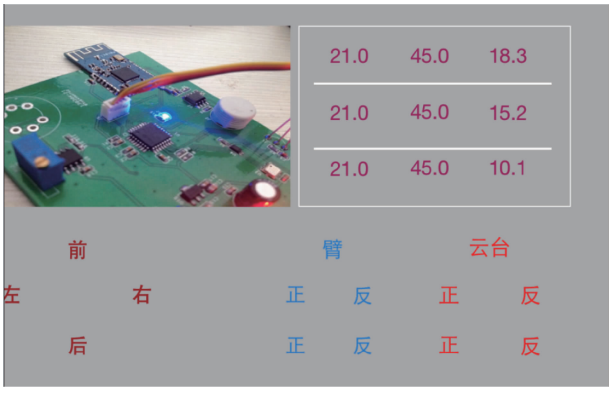

图 19　手机终端界面

7　结　　论

本文论述了设计基于 IOS 平台的无线通信系统的硬件和软件的过程和方法，并实现了数据的上传和控制指令的下传。两种传输方式互不干预互不影响。该系统设计成本低廉，经过测试该系统能稳定无错运行，采集到的视频数据在 iPhone 手机上显示流畅。该系统具有体积小，操作方便，性价比合理的特点，不仅可用于工业领域，更简单地实现数据采集，也可应用于民用玩具等领域，具有良好的实际应用价值和广泛的应用空间。

参考文献

[1]　杨帆，赵东东. 基于 Android 平台的 WiFi 定位[J]. 电子测量技术，2012，35(9)：116-124.

[2]　杨思，蔡晓东，李长俊. 移动可视化智能监控系统[J]. 国外电子测量技术，2013，32(4)：60-62，72.

[3]　车玥玮，童金，王明宝，等. 基于网络的小车远程监控系统的设计[J]. 电子测量技术，2012，35(3)：20-23.

[4]　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.

[5]　谢宁，周翔，刘露露，等. 基于 XSL128 单片机的智能循迹车硬件系统设计[J]. 国外电子测量技术，2012，31(9)：63-66.

[6]　荣少巍. 基于 STM32 的实收实发超声波检测系统研究[J]. 国外电子测量技术，2014，33(9)：54-58.

[7]　武丽敏，苏寒松，蔡桂方. 数字实景游戏中的智能红外激光枪系统设计与实现[J]. 电子测量技术，2011，34(5)：103-106.

[8]　袁江，吕晶，邱自学，等. 基于传感标签的机床直线度无线监测方法及实验[J]. 仪器仪表学报，2014，35(6)：1378-1384.

[9]　王超，骆德汉，郑魏，等. 基于 STM32 的嵌入式智能家居无线网关设计[J]. 计算机技术与发展，2013，23(3)：241-244.

[10]　章隆彬，邱恒，马国荣. 基于 Android 操作系统的 XKI 教育机器人平台设计[J]. 国外电子测量技术，2013，32(8)：50-53.

[11]　焦尚彬，宋丹，张青，等. 基于 ZigBee 无线传感器网络的煤矿监测系统[J]. 电子测量与仪器学报，2013，27(5)：436-442.

[12]　崔文婷，陈恒，高远，等. 基于 Android 的 LED 控制设计[J]. 电子测量技术，2014，37(12)：102-104.

作者简介

蒋嘉柔，1991 年出生，硕士研究生。主要研究方向为电子通信，无线通信等。

E-mail：jjr1991@163.com