

基于 3G 和 STM32 的现代农业数据采集系统^①

周继裕^{1,2}, 韦志远¹

¹(广西大学 物理科学与工程技术学院, 南宁 530004)

²(广西大学 电气工程学院, 南宁 530004)

摘要: 介绍一种基于 3G 和 STM32 的现代农业数据采集系统, 可以实现远距离对无人值守的农业现场进行监测, 采集温度、湿度、光照强度等方面数据, 通过 nRF2410 无线组网连接温湿度传感器 DHT11 和光照传感器 BH1750FVI, 从而组成一个无线传感器网络, 把各节点采集到的数据传到控制中心, RT-Thread 嵌入式操作系统为软件平台, 采用轻型 TCP/IP 协议栈 LwIP 对 3G 模块 MC509 进行 PPP 拨号连接 internet, 将数据上传到乐为物联网, 就可以利用手机 APP 或计算机对农场的环境进行远程监控和管理. 实验表明, 系统工作稳定, 提供了一种远程无线数据监控的解决方案, 对提高农业管理效益具有积极的意义.

关键词: 3G; RT-Thread; 无线传感器网络; APP

Modern Agriculture Data Acquisition System Based on 3G and STM32

ZHOU Ji-Yu^{1,2}, WEI Zhi-Yuan¹

¹(College of Physical Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530004, China)

²(College of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: A kind of modern agricultural data acquisition system based on STM32 and 3rd Generation (3G) was introduced in this paper. The system could achieve the long-distance agricultural field for unattended monitoring, the collection of temperature, humidity, light intensity and other aspects data. By using the nRF24101 wireless network was connected to a temperature and humidity sensor DHT11 and BH1750FVI light sensor. The data collected by nodes were transmitted to the control center. The RT-Thread embedded operating system was the software platform, which used light TCP/IP protocol stack LwIP Point to Point Protocol (PPP) dial of 3G module MC509 to connect to the Internet. It could carry out remote monitoring and management of the farm by the use of mobile phone Application (APP) or computer environment when the data was transmitted to the LEWEI Internet. Experiments showed that the system was stable. This paper provided a solution for wireless remote data monitoring. It had positive significance to improve agricultural management benefit.

Key words: 3G; RT-Thread; wireless sensor network; APP

以往传统的农业环境监测系统大部分采用的是人工采集或是采用有线监测的方法, 人工采集数据, 既消耗大量的人力和物力又不能够实时的采集环境监测数据, 有时还会给数据采集带来误差. 有线监测虽然具有很多优点, 但是由于监测点分布广而散, 有些监测点既偏远又危险, 给有线监测的实现带来非常巨大

的困难^[1], 近年来, 随着智能农业^[2]、精准农业^[3]的发展, 物联网技术^[2]在现代农业中的应用也逐步拓宽. 在监视农作物灌溉情况、土壤空气变更、畜禽的环境状况以及对农作物进行一些开关控制, 无线传感器网络技术^[4]正在发挥出越来越大的作用. 无线传感器网络有监测精度高、低功耗、低成本、实时性好、高容

① 基金项目: 国家自然科学基金(61367004)

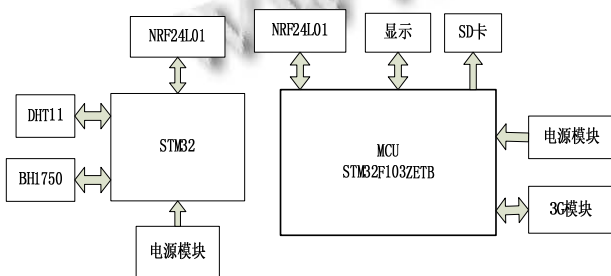
收稿时间: 2014-11-05; 收到修改稿时间: 2014-12-10

量、覆盖区域大等显著优点,非常适合于农业环境监控系统的实现. 本文设计的现代农业数据采集系统以 STM32 为控制核心, 嵌入式 RT-Thread (实时线程操作系统)软件平台, NRF24L01 传感器组成无线传感器节点结构, 实现无线传感器网络, 利用温湿度和光照度传感器可采集和监控多点的温度、湿度和光照度等农业数据, 通过 3G (3rd Generation, 第三代移动通信技术) 模块 MC509 连接互联网把数据上传到乐为物联网, 可以在终端通过手机 APP(Application, 应用程序) 或网页上对数据点进行监测, 实时性好、方便、可节约成本.

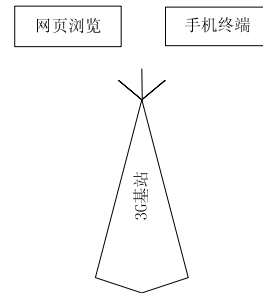
1 系统总体设计

本系统主要由 STM32 嵌入式处理器、温湿度和光照度传感器模块、NRF24L01 无线收发模块组成传感器采集子模块, 多个传感器采集子模块采集的数据通过 NRF24L01 发送至控制端, STM32F103ZET6 微控制器控制 3G 模块 MC509 进行拨号联网, 使得传感器网络能通过该系统将数据上传至 internet 服务器端. 用户可以通过该系统方便的向服务器端上传被监测设备的实时数据和通过客户端对被控对象做出控制操作. 系统硬件分成两部分, 分别是现场数据采集传输控制端和监控终端.

传感器采集数据(如温度)把信号转换成电信号再经过内置的模数转换器转换成数字信号, 数据采集子模块的微处理器把所得的数据打包经由 NRF24L01 组成的无线传感器网络发送至主机模块的 STM32 微处理器, 数据实时显示于人机交互界面并可以保存至 SD 卡, 直接操控相应的开关按钮, 即可对农场实施远程操控. 图 1 为系统硬件框图.



(a) 现场采集传输控制端



(b) 监控终端

图 1 系统硬件框图

2 硬件系统设计

2.1 传感器节点设计

根据农田信息采集的功能需求, 采用微控制器 STM32 加 NRF24L01 的方式. 本设计的传感器节点是由传感器模块、主控制器、NRF24L01 无线通信模块和电源四部分组成. 传感器模块负责采集温度、湿度、光照度等参数和数据的模数转换, 主控制器负责控制整个传感器节点的操作、存储和处理采集来的数据以及主机模块发送来的数据信息, NRF24L01 无线通信模块负责与其他的节点进行通信, 交换控制信息和收发数据. NRF24L01 是无线数据传输单片射频收发芯片, 工作于 2.4~2.5 GHz、ISM 频段, 芯片内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器和调制器等功能模块, 输出功率和通信频道可通过程序进行配置, 芯片功耗非常低^[5,6] 电源部分主要给传感器模块等供电, 因传感器数据采集子模块需放置于野外, 所以采用容量为 2800 mAh 德力普 3.7 V 锂电池通过一个升压模块后进行供电.

2.2 微控制器模块

由于传感器节点使用电池供电, 而且必须长期在野外工作, 所以在选择微处理器时低功耗是一个非常重要的技术指标. 传感器的主处理器和主机模块的主控制器均采用 STM32, STM32 功耗低, 在 3.3V 供电, 以主频 72 MHz 正常运行模式的典型电流消耗是 36 mA, 且接口丰富, 多达 2 个 I²C 和 SPI 通信接口. 程序存储器从 32 K 字节至 512 K 字节可选, 最大 64 K 字节的数据存储器, 在数据处理或数据发送时做缓存之用^[7].

2.3 传感器模块

温湿度的测量采用数字温湿度传感器芯片 DHT11, DHT11 数字温湿度传感器, 是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器, 可同时测量温度和湿度, 测量范围相对湿度 20%~90% RH, 摄氏温度 0~50 °C, 传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件, 并与一个高性能 8 位单片机相连接数据接口采用单线制串行接口, 信号传输距离可达 20m 以上^[8]. DHT11 通过单总线 PC0 口与 STM32 控制器连接.

光照度的测量采用光照度传感器 BH1750, 是一款含有已校准数字信号光照度传感器, I2C 总线接口, 内部集成 16 位 A/D 转化器, 可以根据收集的光线强度数据来进行环境监测, 其具有 1~65535 lx 的高分辨率, 可支持较大范围的光照强度变化, 实现数字值的直接输出^[9].

2.4 3G 通信模块 MC509

3G 通信模块采用华为 MC509 CDMA EV-DO 模块, MC509 无线模块是一款两频段 CDMA EV-DO 无线模块. 该模块支持 CDMA 800/1900 频段, 天线分集接收, GPS 功能, 语音、数据、短信. 具有丰富的接口如: 1 路 9 线全串口和 1 路 usb2.0 全速接口等. MC509 模块支持 CDMA 800/1900 频段, 该模块使用的是电信的 3G SIM 卡.

3 系统软件设计

3.1 程序功能描述

嵌入式 3G 无线拨号联网系统以 RT Thread^[10]实时操作系统作为软件平台, 通过外置 TCP/IP 协议栈 LwIP 进行 PPP(Point-to-Point Protocol, 点到点协议) 拨号连接到 internet 网络. 系统软件部分分传感器采集子模块软件设计和主机模块软件设计, 子模块的软件设计任务: 传感器驱动、设备 ID 号分配(网关)自动分配、侦听和发送线程. 主机模块的软件设计任务: SD 卡驱动(存储前端传感器发送过来的数据)、2.8 寸触摸液晶驱动显示、NRF24L01 侦听和发送以及分配 ID 号、RT-Thread 操作系统、LwIP 协议栈的移植、MC503 驱动程序和 PPP 拨号程序.

3.2 系统软件构架

如图 2 所示为 RT-Thread 构建嵌入式系统的系统软件构架.

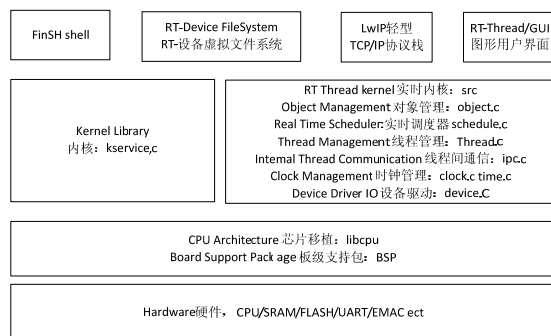


图 2 RT-Thread 构建嵌入式系统的系统软件构架

3.3 LwIP 协议栈的移植

LwIP 是瑞士计算机科学院(Swedish Institute of Computer Science)的 Adam Dunkels 等开发的一套用于嵌入式系统的开放源代码 TCP/IP 协议栈, 它在包含完整的 TCP 协议实现基础上实现了小型的资源占用, 因此它十分适合于使用到嵌入式设备中, 占用的体积大概在几十 KB RAM 和 40KB ROM 代码左右^[11], 本系统采用 LwIP 作为默认的 TCP/IP 协议栈, 同时根据小型设备的特点对其进行再优化, 体积相对进一步减小, RAM 占用缩小到 5kB 附近.

移植第一步要做的就是定义 LwIP 协议内部使用的数据类型, 由于所要移植平台的处理器不同和使用的编译器不同, 这些数据就必须要进行重新定义. 因此这一部分程序需要我们根据 STM32F103 系列单片机的字长和 Keil 编译器的特点来编写.

其次要解决的就是实现与信号量和邮箱相关的函数, 例如创建、释放、等待、删除等. 因为 3G 嵌入式无线拨号系统是在 RT Thread 实时操作系统的基础上移植 LwIP, 所以信号和邮箱都是基于基本的进程通信机制, 我们只需要对 RT Thread 中的相关函数做相应的封装就能满足 LwIP 的要求.

再次是等待超时处理函数, 使用信号量和邮箱就存在线程阻塞等待数据的到来的情况, 这里就要考虑等待多长时间的问题.

PPP 是为在同等单元之间传输数据包这样的简单链路设计的链路层协议. 这种链路提供全双工操作, 并按照顺序传递数据包. 设计目的主要是用来通过拨号或专线方式建立点对点连接发送数据, 使其成为各种主机、网桥和路由器之间简单连接的一种共通的解决方案.

3.4 软件流程图

3G 模块 MC509 要连接互联网, 模块与 stm32 微

控制器采用 UART 接口进行通信, 首先 MC509 模块初始化过程如图 3 所示.

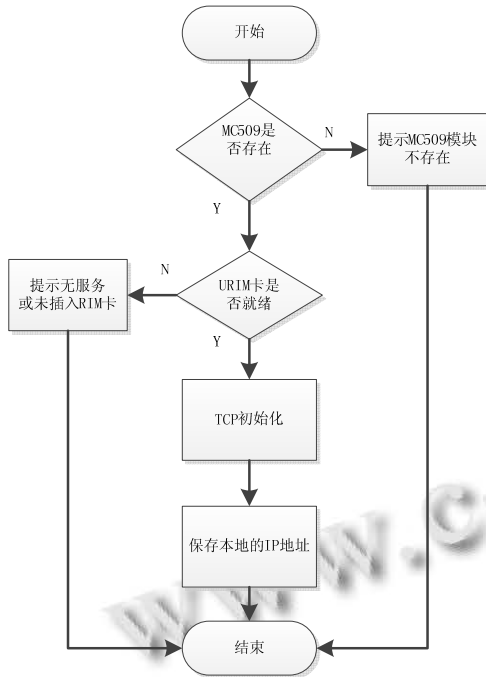


图3 MC509 模块初始化

当传感器网络的数据收集完成之后就可以向乐为网的客户端发送数据了, 乐为物联发送数据的格式为:
{"method": "update", "gatewayNo": "01", "userkey": "02245b766c9740eb8c0368f08a75ed68"}&^!

{"method": "upload", "data": [{"Name": "H1", "Value": "1"}]}&^!

{"method": "upload", "data": [{"Name": "H2", "Value": "1"}]}&^!

第一句是发送网关和密码, 第二句及之后的就是向具体的传感器发送实际的数据如第二句: 传感器的名称为: H1 值为 1; 数据上传流程如图 4 所示.

远程控制过程可采用短信方式和 TCP 客户端方式.

短信方式为: 采用轮询的方式来检查 MC509 是否有新的未读短信, 如果有则读取该短信, 解析是否是装置的控制命令, 如果是则继续解析直到解析到是对第几个设备的哪个开关发出哪种控制命令, 解析完成之后就通过 NRF 向从机发出控制信号, 如图 5 所示.

TCP 客户端采用的是“网络调试助手”这个软件来实现的, 因为 MC509 的 IP 地址是动态的, 也就是说每次系统启动的时的 IP 地址都会发生变化, 所以使用

TCP 客户端的时候, 必须使用手机向系统发一条查询系统 IP 地址的命令. 获取 IP 地址之后便可使用“网络调试助手”对系统建立 TCP 连接了, 如图 6 所示.

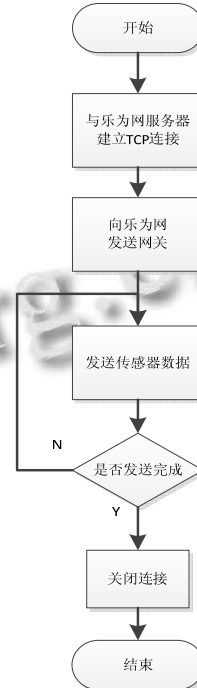


图4 数据上传流程

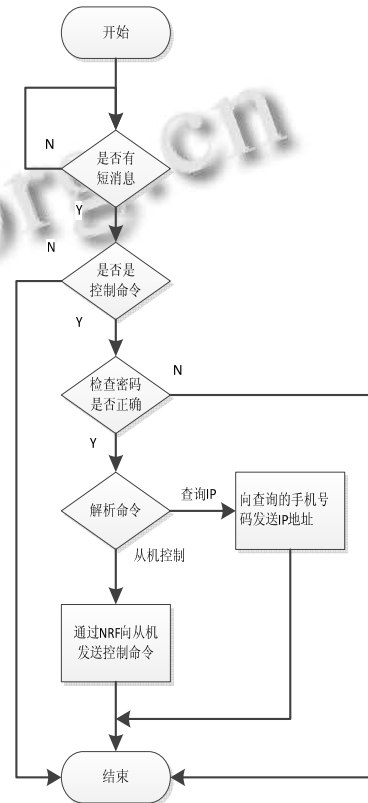


图5 短信轮询

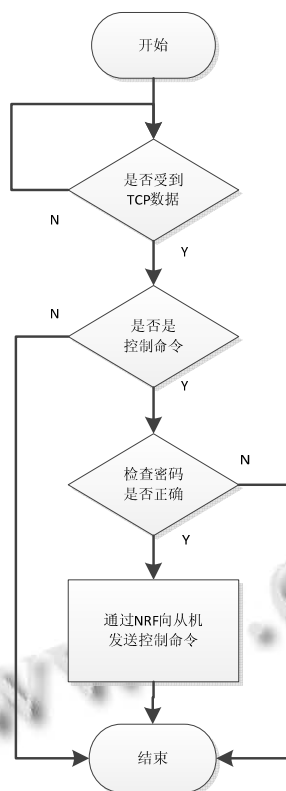


图 6 TCP 轮询

4 系统实验与测试

通过硬件电路设计,对系统进行测试与试验,采用 6 个传感器采集子模块和微处理器控制中心联合测试. NRF24L01 组成的无线传感器网络联网成功后,相应的传感器系统子模块的工作指示灯会点亮,触摸主机模块的人机交互界面,把各子模块放置于不同的环境,都得到与所在环境相符的信息,温湿度和光照度都在误差范围之内.

本系统最重要的一个应用就是建立 TCP 连接,在建立 TCP 连接之前首先要完成 PPP 拨号,当系统分配到公网的 IP 号之后就可以向服务器发起 TCP 连接,PPP 拨号过程中当系统返回如下信息时,表明模块已经成功登录了运营商的路由器.拨号时系统返回成功登录信息为:

```

pppInProc[0]: got 2 bytes
pppInProc[0]: got 19 bytes
pppInput[0]: PAP len=13
pap_rauthack: Rcvd id 1 s=3
Remote message: Login OK
  
```

接下来,系统要完成的就是向运营商的路由申请

一个公网的 IP 地址,如果运营商的路由能够为系统分配一个公网的 IP 地址,那么表示 PPP 拨号过程成功.成功拨号连接时,系统返回的信息如下:

```

pppInput[0]: IPCP len=22
fsm_input(IPCP):3,2,22
fsm_rconfnakrej(IPCP): Rcvd id 2 state=8
(LS_ACKSENT)
local IP address 106.127.69.62
primary DNS address 210.21.196.6
secondary DNS address 221.5.88.88?
  
```

模块已经分配到了 IP,表明系统已经拨号成功了.

通常 PC 机没有公网的 IP,所以 PC 机不能直接 Ping 通系统的 IP,这里采用网络调试助手这个工具来对系统的数据传输进行测试分析.在系统端建立一个 TCP 服务线程,使用网络调试助手模拟一个 TCP 客户端向系统发起 TCP 连接请求,并发送测试数据.

系统作为服务器端,在客户端跟系统建立 TCP 连接后便可以接收 TCP 客户端发送数据,通过对比可以看出收发数据一致,表明系统可以跟 Internet 网络进行正常的数据传输.

手机 APP 操作说明:手机登录乐联网 APP,然后在“我的物联网”中点击传感器列表即可显示各个传感器上传的数据了,点击传感器可以查看以往历史数据以曲线形式显示的.如图 7 所示.

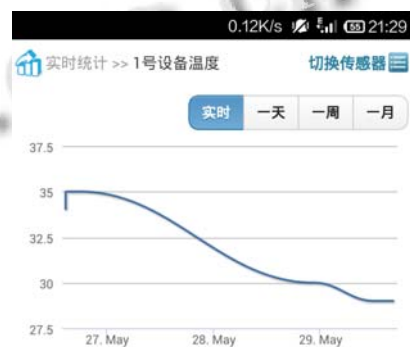


图 7 手机 APP 中查询历史数据

手机短信控制说明:通过短信 key:123456id:3s1on——key 为密码,默认为 123456, id 为从机号(3s1on 表示 3 号从机, s1 表示开关 1, on 表示开, off 表示关)

电脑端的网页平台说明:登录乐为物联网,在“我的物联中”的传感器与控制器可以查看传感器上传的数据,智能物联中可以设置邮件通知等功能.

本设计采用 STM32 和 RT-Thread 实时操作系统相结合,充分利用了 NRF24L01 组成的无线传感器网络,利用 DHT11 温湿度传感器和 BH1750 光照度传感器实现远程采集农田温湿度和光照度等数据,结合 3G 模块 MC509 连接互联网,将采集的数据打包上传至乐为物联网,数据可以在手机 APP 上或计算机网页浏览进行查看,实现远程数据监控.系统扩展性强,配置灵活,采用低功耗 NRF 中短距离组网可以实现大面积数据采集,乐为物联网 APP 客户端操作界面简单,方便快捷,易于监测和控制,具有良好的移植性和通用性,在无人值守的远程环境监测方面有一定的应用价值.

参考文献

- 1 毛轩昂.基于 ARM9 和 3G 的远程环境监测系统设计[学位论文].株洲:湖南工业大学,2012.
- 2 管继刚.物联网技术在智能农业中的应用.物联网技术及其应用,2010,(3):24-27.
- 3 王智敏.精准农业与 GPS.黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(1):29-31.
- 4 李震,洪添胜,等.无线传感器网络技术精细农业中的应用进展.湖南农业大学学报(自然科学版),2011,37(5):576-580.
- 5 刘靖,陈在平,李其林.基于 nRF24L01 的无线数字传输系统.天津理工大学学报,2007,23(3):38-40.
- 6 王永虹.ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践.北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- 7 时志云,盖建平,王代华,张志杰.新型高速无线射频器 nRF24L01 及其应用.国外电子元器件,2007,8:42-44.
- 8 倪天龙.单总线传感器 DHT11 在温湿度测控中的应用.单片机与嵌入式系统应用,2010,6:59-62.
- 9 云中华,白天蕊.基于 BH1750FVI 的室内光照强度测量仪.单片机与嵌入式系统应用,2012,6:27-29.
- 10 曹成.嵌入式实时操作系统 RT-Thread 原理分析与应用[学位论文].青岛:山东科技大学,2011.
- 11 朱升林.嵌入式网络那些事:LwIP 协议深度剖析与实战演练.北京:水利电力出版社,2012.