

基于 LTE/WLAN 的车辆电池实时监测系统^①



赵智佩, 余震虹

(江南大学 物联网工程学院, 无锡 214122)

通讯作者: 赵智佩, E-mail: 947973479@qq.com

摘要: 针对车辆电池电压与工作温度实时环境状态能够实现远程监测, 设计并利用嵌入式微处理系统结合 4G 通信技术和无线局域网搭建远程终端监测通信系统平台. 系统客户终端进行数据的采集及实现短程和远程数据通信, 系统的服务器采用 Linux 系统的 PC 机和 Android 系统的手机对数据进行接收. 实验过程中, 整个系统对电池组电压和运行温度环境有准确的实时远程监测, 数据显示电压的误差低于 1%. 整个系统运行稳定, 性能可靠, 为管理人员对现场的了解提供了便利.

关键词: Linux 系统; DS18B20; 无线局域网; 4G 网络; TCP socket; Android 系统

引用格式: 赵智佩, 余震虹. 基于 LTE/WLAN 的车辆电池实时监测系统. 计算机系统应用, 2019, 28(5): 64-70. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6898.html>

Vehicle Battery Real-Time Monitoring System Based on LTE/WLAN

ZHAO Zhi-Pei, YU Zhen-Hong

(College of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Aiming at the real-time environment state of vehicle battery voltage and working temperature, remote monitoring communication system platform is designed and built by using embedded micro-processing system combined with 4G communication technology and Wireless Local Area Network (WLAN). The client terminal of the system collects the data and realizes the short-range and long-distance data communication. The server of the system uses the PC of Linux system and the mobile phone of Android system to receive the data. In the course of the experiment, the whole system can monitor the voltage of battery pack and the operating temperature environment accurately and remotely, and the error of the data shows that the voltage is less than 1%. The whole system runs stably, the performance is reliable, which demonstrate the convenience for the management personnel to the spot understanding.

Key words: Linux OS; DS18B20; WLAN; 4G network; TCP socket; Android OS

当前, 为了降低汽车污染物的排放, 人们逐渐使用电动汽车作为交通工具. 考虑到车辆电池在工作时的安全, 需要一个系统对其工作状态进行实时监测, 以便于后续工作的开展. 此前, 国内外在电池信息监测系统上大量运用了 GPRS 和 3G 网络技术, 部分运用了 4G 网络技术都能达到较好的效果.

但为了提高整体的通信质量和提供多种监测方式,

系统采用 4G 网络技术和 WLAN 网络技术. 4G 网络通信作为当下流行的通信技术, 它有着较高的通信速度, 提高了通信的灵活性以及智能性; 有更宽的网络频谱, 兼容性能平滑度大大提高, 并改善了使用效率, 多媒体通信质量得到了优化. 同时结合了 WiFi 无线通信建立局域网通信, 极大的丰富了监测终端的网络应用与近程数据传输. 无线局域网技术的优势很多: 具有传输速度

① 收稿时间: 2018-11-26; 修改时间: 2018-12-18; 采用时间: 2018-12-20; csa 在线出版时间: 2019-05-01

快的优势;对人体健康危害较小等. WiFi 的应用范围正在逐渐扩大, WiFi 技术仍是将来网络技术的主要发展趋势,随着科技的不断发展与进步,它也会得到不断的完善与优化.

目前,该系统可以实时观察电池的电压与工作温度,并且根据 4G 和 WiFi 组网可以实现近,远程实时准确提供电池的电压与环境温度数据,确保电池运行的安全与稳定.满足监测系统的组网灵活,安全可靠,便于观察的需求.

1 监测系统的整体设计

检测系统的组成涉及了数据采集客户端和服务端两部分,首先数据采集客户端是以 S3C2440 处理器为核心,并包括内部自带 A/D 转换器,温度传感器,4G 通信模块和 WiFi 通信模块等;服务器由两部分组成,一是数据采集客户端由 4G 通信模块通过 Internet 向远程服务器发送采集的数据,二是由 WiFi 通信模块向周边用户的移动设备发送数据.另外检测系统同时可以组成 4G-WiFi 网络向用户提供流量数据服务.监测系统的示意图如图 1.

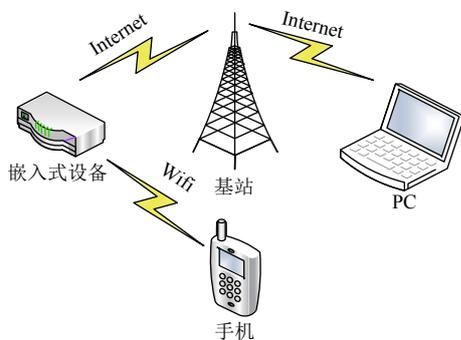


图 1 监测系统的整体示意图

2 系统客户终端硬件平台的设计

整个系统的硬件部分包括: ARM9 嵌入式开发板, 4G 通信模块, WiFi 通信模块和温度传感器 DS18B20 模块. 硬件连接如图 2 所示.

2.1 ARM9 主控处理器

主控芯片采用的是三星公司的一款基于 ARM9 内核 16/32 位精简指令集 (RISC)32 位微处理器 S3C2440A 芯片,主要负责数据的采集与数据的转发等功能,是整个系统结构的核心.具体采用的是友善之臂 MINI2440-FriendlyARM 核心板,该核心基于

Linux2.6.32.2 内核,采用沉金工艺的 4 层板设计,专业等长布线,保证关键信号线的信号的完整性,并采用专业稳定的 CPU 内核电源芯片和复位芯片来保证系统运行时的稳定性.其主频 400 MHz,最高 533 MHz,在板 64MSDRAM, 32 bit 数据总线, 256 M/1 GB Nand Flash 和 2MNor Flash.接口和资源: 1 个 34pin GPIO 接口, 1 个 USB Host 和 1 个 100 M 以太网 RJ-45 接口 (采用 DM9000 网络芯片) 等.如图 3 所示.

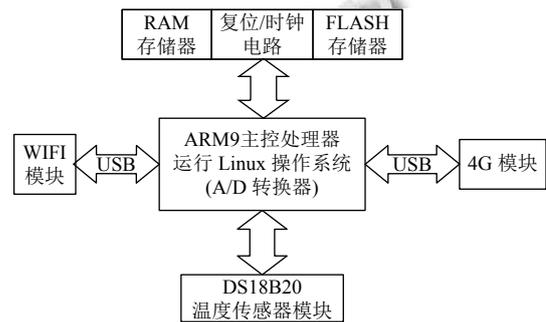


图 2 整体硬件结构图



图 3 MINI2440 开发板

ARM9 S3C2440 芯片自带一个 8 路 10 位 A/D 转换器,它的最大转换率为 500 kHz,非线性度为正负 1.5 位,其转换时间^[1]:当系统时钟为 50 MHz,比例(预分频器)值为 49,则:

$$A/D \text{ 转换器频率} = 50 \text{ MHz} / (49 + 1) = 1 \text{ MHz} \quad (1)$$

$$\text{转换器时间} = \frac{1}{1 \text{ MHz} / 5 \text{ cycles}} = \frac{1}{200 \text{ kHz}} = (\text{相当于 } 5 \mu\text{s}) \quad (2)$$

A/D 转换器的供电电压为 3.3 V,模拟输入电压范围为 0~5 V,满量程为 5 V/1024,最小有效位 (LSB) 为 4.88 mV,最小有效位 (LSB) 与模拟输入电压有关.

2.2 4G 通信模块

系统采用的 4G 模块是上海移远 EC20 LTE 模块, 采用 LTE 3 GPP Rel.9 技术, 虽然在功能上与目前最新 Rel.14 版有一定的差异, 但并不影响正常使用. 此模块支持最大下行速率 100 Mbps 和最大上行速率 50 Mbps. EC20 LTE 模块采用 Mini PCIe 封装通过通信模块转接板 (Mini PCI-E 接口卡) 与主控板进行 USB 连接通信, Mini PCI-E 接口定义为 USB 信号及 3.6 V 电压, USB 接口 5 V 电压通过 DC to DC 电压源芯片转换成 3.6 V 电压和 2 A 电流供给模块及 UIM/SIM 卡工作. EC20 LTE 模块支持频段 FDD-LTE: B1/B3 和 TDD-LTE:B38/B39/B40/B41; 支持 Mini PCIe 接口: 采用 PCI Express Mini Card 1.2 标准接口; 支持 LTE 特性: 符合 3 GPP R9 CAT3 FDD 和 TDD, 支持 1.4-20 MHz 射频带宽, FDD: Max 100 MHz (DL) 50 MHz (UL), TDD: Max 61 MHz (DL) 18 MHz (UL); 支持的网络协议为: 支持 TCP/UDP/PPP/QMI/HTTP 等协议, 支持 PAP 和 CHAP 协议, 支持标准 AT 指令集及扩展 AT 指令集. 其中, Mini PCI-E 转 USB 电路原理图如图 4.

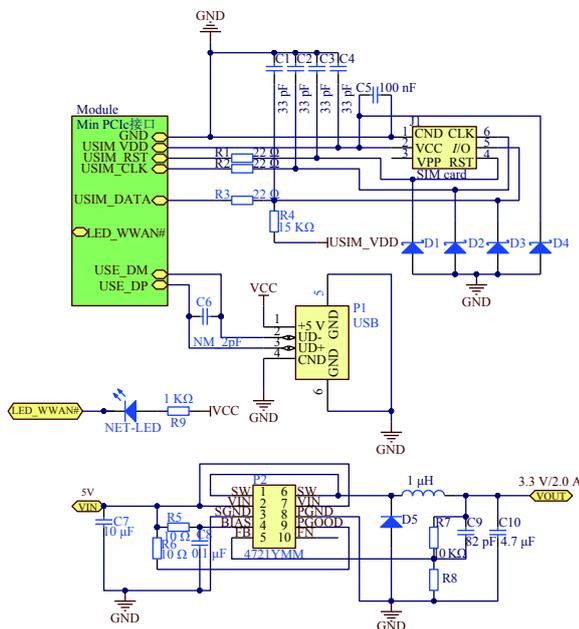


图 4 Mini PCI-E 转 USB 电路原理图

2.3 WiFi 通信模块

系统采用的无线通信模块 RT3070 是高度集成的 MAC/BBP 和 2.4 G RF 单芯片, 芯片支持 150 Mbps 至 300 Mbps 的吞吐量. 它完全符合 IEEE802.11n draft 4.0 和 IEEE802.11 b/g 标准, 在较远的高吞吐量下提供

可靠, 成本效益高, 功能丰富的无线连接. 由优化的 RF 结构和基带算法提供了卓越的性能和低功耗. 智能的 MAC 设计采用了高效的 USB 引擎和硬件数据处理加速器, 从而不使主机处理器过载. 符合本系统的需求.

2.4 DS18B20 温度传感器模块

DS18B20 是美国 Dallas 公司生产的单总线数字温度传感器, 它具有微型化, 低功耗, 高性能, 抗干扰能力强, 易配微处理器等优点, 可直接将温度转化为数字信号处理器处理. 测量温度范围是 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$, 测温误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. 可编程的分辨率为 9~12 位, 可实现高精度测量. 具有负压特性: 电源极性接反时, 芯片不会因发热烧毁. 由电源线, 信号线和地线三个引脚组成的三极管集成电路. DS18B20 的应用电路有: 寄生电源供电方式, 寄生电源强上拉供电方式和外部电源供电方式^[2]. 该系统采用外部电源供电方式, DS18B20 的工作电压范围 3.0V~5.5V, 信号引脚的上拉电阻范围 4.7 K Ω ~10 K Ω . 其中应用原理图如图 5.

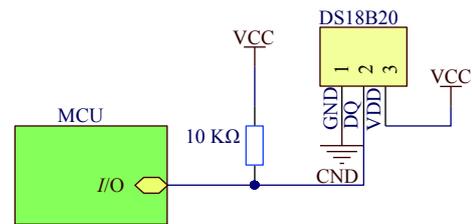


图 5 DS18B20 外部电源供电电路图

2.5 USB 通信接口及 USB 集线器模块

系统所采用的 S3C2440 芯片内部含有 USB 主机接口和 USB 设备接口, 系统主要应用的是 USB 设备接口, 它采用 DMA 接口方案, 允许控制传输, 中断传输和 DMA 接口的批量传输, 具有 5 个带 FIFO 的端点, 支持 USB2.0 协议, 高速的理论速度为 480 Mbps 和全速的理论速度为 12 Mbps, 包括支持热拔插, 标准统一和多设备连接等优点. 其应用电路图如图 6 所示.

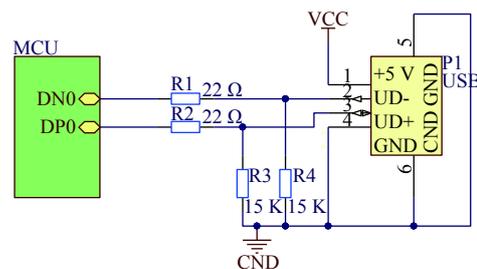


图 6 USB Host 硬件电路图

系统 USB 集线器模块采用 FE2.1 集线器控制芯片,它是集成性比较高,品质高,性能高,能耗低的高速

七端 USB2.0 集线器,系统应用其中三个端. FE2.1 模块电路原理图如图 7 所示.

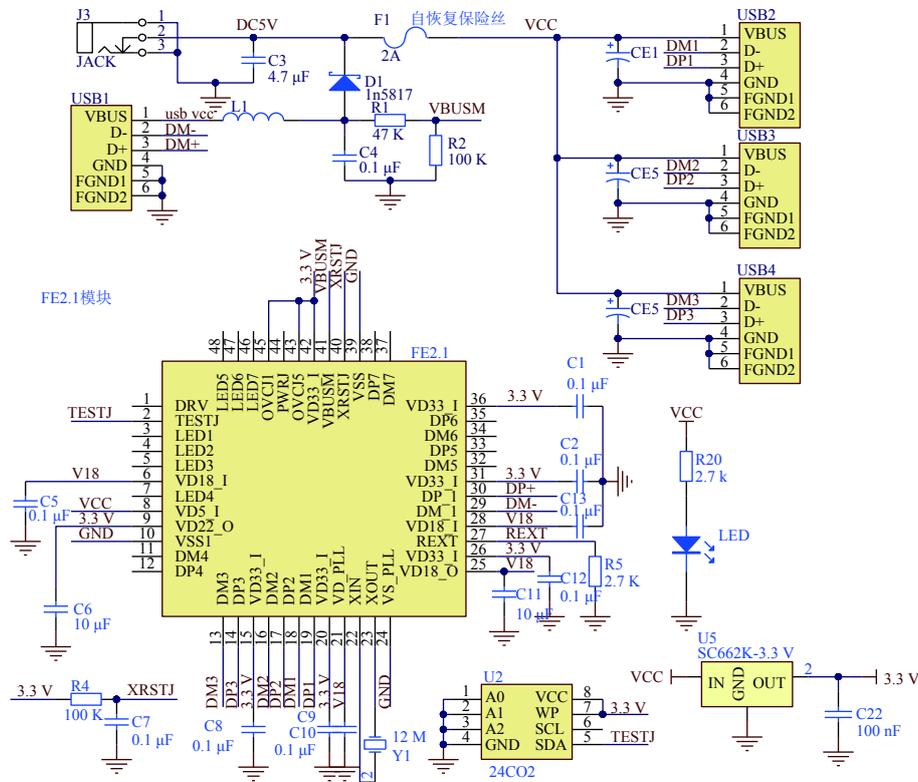


图 7 FE2.1 模块电路原理图

3 系统的软件设计

整个系统的软件设计在友善之臂 Linux-2.6.32.2-mini2440-20150709 内核的基础上所开发设计的,主要包括 Linux 操作系统的移植^[3], 4G-LTE 模块的驱动移植和 RT3070 无线模块的驱动移植以及所依赖的文件移植. 通信模块中的 4G 模块和 WiFi 模块都是通过 USB 接口建立的驱动模块,在移植通信模块前要先编译 Linux 内核然后移植驱动. 要实现 4G-WiFi 路由则需要移植 iptables,它可以完成封包过滤,封包重定向和网络地址数据包转换 (NAT) 等功能. 关于 iptables 的具体移植方法,可以从网络上了解.

3.1 4G 通信模块的移植

(1) 支持 4G 模块的内核编译

进入内核的目录并对内核进行裁剪,执行 make menuconfig 进行界面选择 Multi-purpose USB Networking Framework 将 Linux 内核的 rndis_host 配置为动态模块,可以在 Linux 下使用 USB 网络. 选择

USB driver for GSM and CDMA mdems, 实现 Linux 内核对 4G 模块驱动的支持. 选择所有 PPP 网络协议选项,可以使 Linux 内核支持 4G 网络拨号,当 4G 通信模块移植完成后可以通过 PPP 拨号的方式连接网络和互联网.

(2) 4G 通信模块驱动移植安装

通过对所提供的 Linux 驱动源码和拨号联网程序进行修改编译生成可执行 4G 模块驱动文件. 使用 insmod 命令将 4G 模块加载到内核中,移植成功后可以看出在 4G 模块在系统中被映射成为的网口和 4G 网卡 IP 地址等信息,可以 Ping 公网测试则移植成功^[4,5].

3.2 WiFi 通信模块的移植

(1) 支持 WiFi 模块 AP 模式的内核编译

在 Linux 内核选项中选择 IEEE 802.11 for Host AP (Prism2/2.5/3 and WEP/TKIP/CCMP) 使内核支持 WiFi 模块的 AP 功能. 选择 RF switch subsystem

support, 此选项为了节约电力, 很多无线网卡都有内置的射频开关用于开启和关闭设备. 选择 Generic IEEE802.11 Networking Stack (mac80211), Generic IEEE 802.11 Networking Stack (mac80211) 选项是独立于硬件的通用 IEEE 802.11 协议栈模块, 可以让系统能更好的控制硬件.

(2) WiFi 通信模块驱动的移植

2010_0203_RT3070_SoftAP_v2.4.0.1_DPA.bz2 驱动下载, 此驱动是 RT3070 在 Linux 操作系统上实现软 AP 模式的驱动. 解压缩文件后, 在 2010_0203_RT3070_SoftAP_v2.4.0.1_DPA 目录下有三个文件夹分别为 MODULE, NETIF, UTIL, 在这三个文件中均有 Makefile, 在所有 Makefile 中修改其中的支持平台与平台下的内核路径和交叉编译器. 编译通过后, 在开发板修改 rt2870ap.dat 文件让 rt3070ap 在启动的时候配置成 WPA2 的加密方式, 并依次执行 insmod rtutil3070ap.ko, insmod rt3070ap.ko, insmod rtnet3070ap.ko. 则可以系统可以识别无线模块, 并被映射成为相应的网口^[6,7].

3.3 DS18B20 驱动设计与实现

对于单总线结构的 DS18B20 的读写控制必须严格按照时序图进行编程, 通过嵌入式设备的通用 I/O 口 GPF0 直接驱动 DS18B20 的 DQ 信号的交流端. 通过调用精确的延时子程序, 来对其准确时序控制^[1]. DS18B20 的读写时序图如图 8 和图 9.

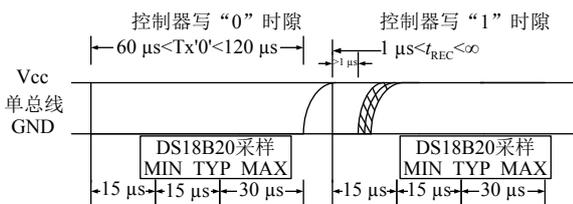


图 8 DS18B20 写时序

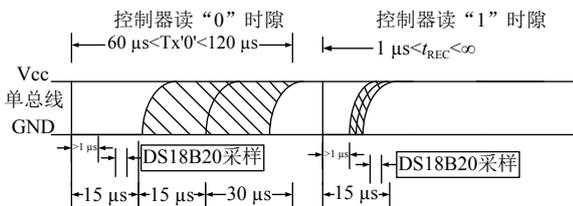


图 9 DS18B20 读时序

在 Linux 系统中把 DS18B20 的温度传感器程序通过运行交叉编译器编译成字符设备驱动. 使用

insmod 命令将温度传感器模块加载到内核中, 移植成功后可以在系统/dev 中发现温度传感器模块被映射成为 DS18B20 的驱动设备号.

3.4 通信方式的设计与实现

Socket 接口是支持 TCP/IP 网络的应用程序编程接口, 是支持 Linux 系统中通用的网络接口, 网络的 Socket 数据传输是一种特殊的 I/O 接口, Socket 也是一种文件描述. 在 Socket 通信中有两种通信协议: UDP 协议 (用户数据报协议, 面向无连接) 和 TCP 协议 (传输控制协议, 面向连接). UDP 协议和 TCP 协议之间的区别如表 1 所示^[8,9].

表 1 UDP 协议和 TCP 协议之间的区别

比较项	UDP	TCP
是否需要连接	非连接	连接
传输可靠性	不可靠	可靠
应用场合	传输少量数据, 可靠性要求不高, 实时性要求高	传输大量数据, 可靠性要求高, 实时性要求不高
速度	快	较慢

TCP 协议提供 IP 环境下的数据可靠传输能力, 它提供的服务包括数据流传送, 可靠性, 有效流控, 全双工操作和多路复用. 它建立连接使用三次握手过程, 使一台计算机发出的字节流无差错的发向网络上的其他计算机. 在网络比较弱的时候也能保证数据传输的质量, 所以该系统选择 TCP 协议 C/S 结构的 Linux Socket 网络编程^[10]. TCP 协议的编程流程图如图 10.

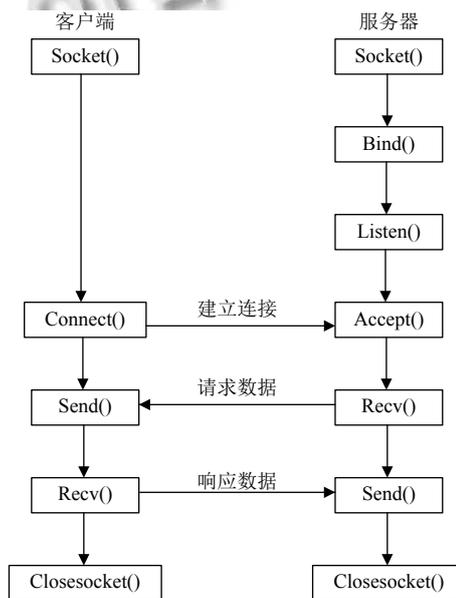


图 10 TCP 协议的编程流程图

以 4G 网络为例. TCP 协议的 Socket 的服务器首先运行, 通过调用 socket 函数创建一个 Socket, 然后调用 bind 函数将其与本机地址以及一个本地端口号绑定, 然后调用 listen 函数在该 Socket 上监听, 等待客户端的连接, 接着调用 accept 函数来接受连接服务. 客户端程序先将接受的数据使用 setsockopt 函数绑定到指定 4G 网络端口, 然后调用 connect 函数和服务器建立连接, 连接成功后客户端和服务器之间调用 send 和 recv 来发送和接受数据. 最后, 两边都关闭 Socket. 其中数据信息前两位为温度数据, 中间两个空格, 最后五位是电压数据.

3.5 Android 手机端通信

手机端通信采用 C/S 模式 Android 开发结合 Socket 完成网络通信. 通信系统采用 Android 6 版本, 以 JDK7+Eclipse+SDK 为开发环境, 客户进入系统可以获取 WiFi 通信系统分配的 IP 地址及设置通信端口号^[11,12], 启动创建可以接受到客户端发来的电池电压与工作温度数据.

4 系统测试

数据采集采用 3.3 V 电压供电模拟电池实际 5 V 电压, 来测试电压采集的数据如表 2 所示, 电压最大差约为 0.33%, 平均误差为 0.27%. 采集的温度数据与实际温度没有明显的差距. 由实验数据可以总结出, 该系统采集性能良好, 电压与温度数据误差较小, 比较好的完成对模拟电池的信息数据的读取.

表 2 模拟电池信息采集表

模拟电池数据组	采集电压/V	实际电压/V	采集温度/℃	实际温度/℃
1	3.828	3.819	28	28
2	3.999	3.986	28	28
3	4.126	4.116	28	28

通过制定好的通信协议对测试数据打包, 然后经过嵌入式控制系统通过 USB 接口传到 4G 通信模块, 通过 4G 通信模块向远程服务器发送数据. 如图 11, 在客户端运行发送数据程序.

如图 12, Linux 服务器通过 Internet 网络接受到客户端发送来数据后采用制定好的协议解析, 然后加上系统的日期和时间.

如图 13, PC 机服务器通过 Internet 网络接受到客户端发送来数据后采用制定好的协议解析, 然后加上系统的日期和时间.

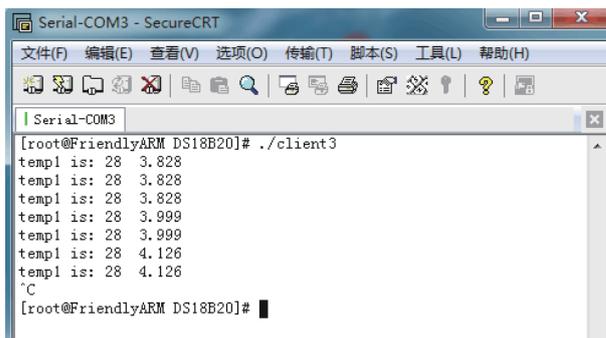


图 11 客户端运行状态

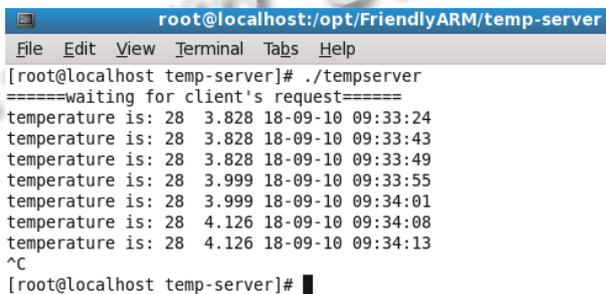


图 12 服务器接收状态



图 13 PC 机服务器接受状态

手机通信服务端接受数据信息如图 14 所示, 每一条数据都占有客户端不同的端口, 并包含了每条数据发来的时间.



图 14 手机通信服务端接受效果

通过手机连接 4G-WiFi 系统进行测试. 通过串口通信在 LTE 制式下测试不同环境 (第一组: 室外, 第二组: 室内, 第三组: 地下车库) 的丢包率和往返延时. 测试结果如表 3 所示.

表 3 LTE 制式下测试结果

组别	发送数据包	接受数据包	丢包率 (%)	平均往返时延 (ms)
第一组	1000	1000	0	50.705
第二组	1000	996	0.4	55.920
第三组	1000	987	1	60.421

5 结束语

本文系统在 MINI2440 开发板上运行 Linux 操作系统, 将当前阶段网络数据速率传播最快的 4G 移动通信技术和常用的 WiFi 无线通信技术结合起来, 实现了可移动强, 安全, 操作简单等特点, 实现了温度与电压数据采集与传输, 同时用户可以随时通过 WiFi 终端连接上互联网, 为客户端解决了网络信号差, 网速慢的问题. 特别是具有实时性较强, 设置简单和实现容易等优点, 非常适合实时监测的场景.

参考文献

1 孙弋. 基于 S3C2440 的嵌入式 Linux 开发实例. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2010. 291.

2 胡成, 杨林楠, 郜鲁涛. 基于 TE2440-II 的嵌入式温度采集驱动实现. 计算机应用, 2010, 30(12): 3413-3415.

3 董胡, 刘刚, 钱盛友. ARM 9 嵌入式系统开发与应用. 北京: 电子工业出版社, 2015. 213-221.

4 陈曾海. 基于嵌入式 Linux 的 3G-WiFi 路由器研究与设计 [硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2011.

5 胡圣尧, 杨子立, 关静, 等. 基于 GPRS 或 4G 的通信基站电源监控系统设计. 电源技术, 2016, 40(9): 1865-1866, 1892. [doi: 10.3969/j.issn.1002-087X.2016.09.040]

6 何鹏举. 基于 Web 服务的无线网络节点传感器研究. 传感技术学报, 2009, 22(11): 1634-1638.

7 邹意然, 王永威, 赵龙. 基于 ARM 体系的 WIFI 移植研究. 微计算机信息, 2010, 26(32): 67-69. [doi: 10.3969/j.issn.2095-6835.2010.32.028]

8 吕雪峰, 彭文波. 嵌入式 Linux 软件开发从入门到精通. 北京: 清华大学出版社, 2014. 195-352.

9 刘红义, 赵方, 李朝晖, 等. 一种基于 WiFi 传感器网络的室内外环境远程监测系统设计与实现. 计算机研究与发展, 2010, 47(S2): 361-365.

10 徐克宝, 武慧, 文艺成. 基于 Socket 的 Windows 与 Linux 平台异步通信. 计算机系统应用, 2015, 24(7): 232-235. [doi: 10.3969/j.issn.1003-3254.2015.07.043]

11 郭岱洁, 张洪欣, 刘振. 基于 Android 温度传感器驱动程序. 滨州学院学报, 2013, 29(3): 82-86. [doi: 10.3969/j.issn.1673-2618.2013.03.015]

12 孟祥莲, 孙平. 基于 Android 平台的农业大棚温湿度监控系统设计. 数字技术与应用, 2014, (6): 169, 171.