

基于阅读器 UDP 通信的声表面波射频识别系统

陈涛,陈智军,韩超,付俊,钟悦芸

(南京航空航天大学 自动化学院,江苏 南京 211106)

摘要:利用 ARM 和用户数据报协议(UDP),实现了声表面波射频识别系统的阅读器上、下位机 UDP 通信功能。与串口通信相比,UDP 通信充分利用以太网资源进行上、下位机之间的数据交换,数据传输速率可达 100 Mbit/s。在完成上、下位机 UDP 通信的基础上,系统实现了网线热插拔功能。基于 C# 软件设计了上位机人机界面,不仅能显示声表面波标签回波信号并解算标签编码,还可通过人机界面对下位机进行控制,实现了人机交互功能。

关键词:用户数据报协议(UDP)通信;声表面波;射频识别;C#;人机界面

中图分类号:TN925;TB95 **文献标识码:**A

The Surface Acoustic Wave Radio Frequency Identification System Based on the UDP Communication of Reader

CHEN Tao, CHEN Zhijun, HAN Chao, FU Jun, ZHONG Yueyun

(College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China)

Abstract: The UDP communication function between the reader's upper and lower computer of the surface acoustic wave radio frequency identification system is realized by using the ARM and the UDP protocol. Compared with the serial communication, the data transfer rates of UDP communication can be up to 100 Mbit/s, which makes full use of Ethernet resource for data transfer. Based on the UDP communication, the system supports the hot plug of the Ethernet cable. The human-machine interface of the reader upper computer is designed by the C# software, which can display the tag echo signal and decode the tag. Also the lower computer can be controlled by the interface, by which the human-computer interaction function is realized.

Key words: UDP communication; surface acoustic wave; radio frequency identification; C#; human-machine interface

0 引言

作为新一代目标自动识别技术和信息存储传输技术的代表,射频识别(RFID)技术具有广阔的应用前景^[1]。与传统的基于集成电路(IC)的RFID相比,基于声表面波(SAW)技术的RFID具有许多独特的优势,如SAW器件本身工作在射频频段且工作时不需电源,可在高电磁辐射等恶劣环境条件下使用等^[2]。

基于SAW技术的RFID系统通常由SAW标签和阅读器组成。阅读器根据有无上位机(PC机)可分为两种类型。独立于上位机的阅读器直接在下位机对标签回波信号进行解码,具有携带方便的优势,但下位机解码通常只显示标签解码的最终结果,如解码错误,难以分析错误原因,不方便调试。下位

机解码程序通常只适用于某种特定编码方案的标签,如更换标签编码方案需要重新烧写程序。

上位机解码的阅读器可以解决下位机解码时存在的上述局限性。目前,上、下位机之间多采用串行接口进行数据传输。当阅读器的模拟数字转换器(ADC)采样速率较高时,标签回波信号数据量大,串口通信的数据传输速率较慢,实时性不够好,需要加以改进。

基于上述背景,本文设计了阅读器上、下位机采用用户数据报协议(UDP)通信的SAW射频识别系统。UDP是一种无连接的传输层协议,在数据传输前不需要先建立连接,远程主机的传输层在接收到UDP报文后,不需要给出任何确认信息。UDP通信系统资源消耗较小,反应速度快,效率较高,与串

收稿日期:2016-07-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51475240);航空科学基金资助项目(2014ZD52053)

作者简介:陈涛(1991-),男,广西玉林人,硕士生,主要从事声波传感与识别技术的研究。通信作者:陈智军,男,副教授,硕士生导师。E-mail: zjchen@nuaa.edu.cn。

口通信相比,其具有高效性和实时性^[3]。

本文设计的 SAW RFID 系统阅读器下位机采用高性能的 ARM 处理器为核心 CPU,通过外接网络芯片 LAN8720A 和 RJ45 以太网通信接口,实现了 SAW RFID 阅读器上、下位机之间的 UDP 通信。利用 C# 设计了上位机人机界面,可实时显示回波信号和解算 SAW 标签编码。与下位机解码相比,上位机解码更具灵活性,可适用于不同编码方案的标签;同时,其具有可视化功能,可通过观察 SAW 标签的回波信号来了解标签的回波一致性等问题并进行相应的调试和改进。上位机界面还能对下位机进行控制,实现人机交互功能,具有很好的应用前景。

1 系统工作原理

本文设计的 SAW RFID 系统整体结构如图 1 所示。其工作原理为:阅读器上位机通过人机界面向下位机发出“开始工作”指令,下位机根据上位机指令,产生一段查询脉冲并经天线发射出去;标签天线接收查询脉冲进入叉指换能器(IDT),通过逆压电效应将电脉冲转换为 SAW 脉冲在压电基片表面传播;SAW 在沿基片传播的过程中碰到每个反射栅都会发生反射和透射,当反射回波到达 IDT 时,再通过正压电效应将 SAW 转换为电磁波,经天线传播回到阅读器下位机;下位机将捕捉到的脉冲信号经以太网传输到上位机处理并显示。由于反射栅排列的不同,阅读器得到的回波脉冲串也不同,因此可通过对回波解码来获得 SAW 标签信息^[4]。

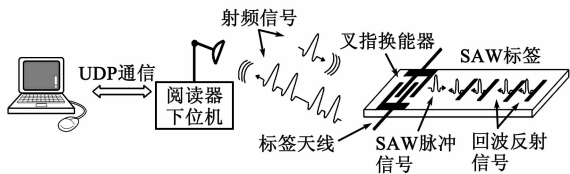


图 1 SAW 射频识别系统整体结构

2 下位机硬件结构

阅读器下位机硬件结构主要包括模拟电路和数字电路两部分,其结构如图 2 所示。以太网通信模块包含于数字电路中。以太网通信模块由 ARM、网络芯片 LAN8720A 和以太网通信接口 RJ45 组成。本文 ARM 处理器选择 STM32F407 处理器作为以太网通信的主体。LAN8720A 与 RJ45 属于物理链路,主要完成数据的收发功能。

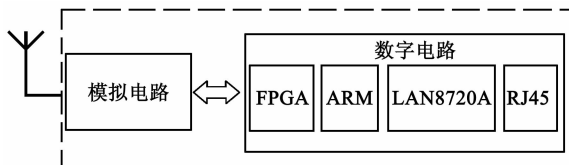


图 2 阅读器下位机整体结构

STM32F407 自带有 10 Mbit/s、100 Mbit/s 的以太网 MAC 内核,可通过符合 IEEE802.3 的 MII 接口与外接快速以太网 PHY 进行通信,并支持全双工和半双工操作^[5]。LAN8720A 是 SMSC 公司生产的低功耗 10 Mbit/s、100 Mbit/s 以太网 PHY 层芯片,I/O 引脚电压符合 IEEE802.3-2005 标准。LAN8720 支持通过 RMII 接口与以太网 MAC 层通信,内置 10-BASE-T/100BASE-TX 全双工传输模块,支持 10 Mbit/s 和 100 Mbit/s 的传输速率。RJ45 接口用于数据传输,是最常见的网卡接口,具有性能稳定,价格低等特点。

3 软件设计

软件设计包括下位机软件设计和上位机软件设计两部分。下位机软件设计主要完成下位机与上位机之间的 UDP 通信、网线热插拔及上位机指令的解析;上位机软件设计主要包括 UDP 数据的接收与处理、人机界面的设计及控制指令的发送。系统软件的基本工作流程如图 3 所示。

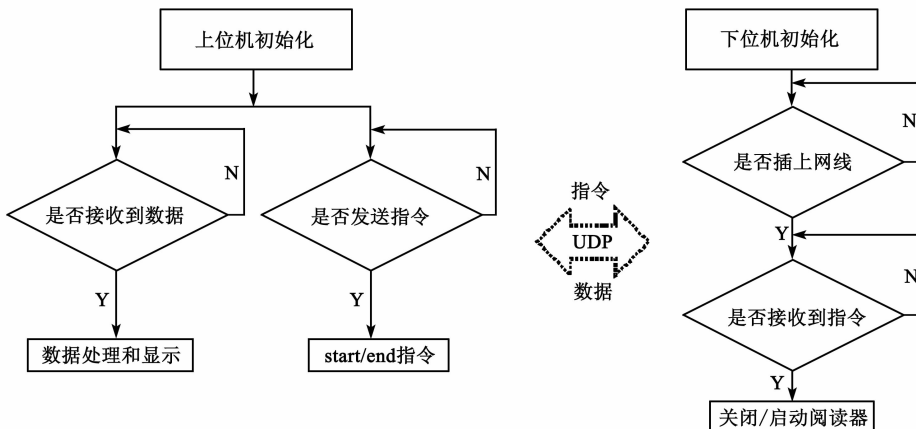


图 3 系统软件的基本工作流程

3.1 嵌入式无操作系统的UDP通信

UDP与TCP一样都属于传输层协议,直接位于IP协议的顶层。相对于TCP,UDP是一种简单的协议,编写的代码量少,故所需的程序和内存空间少,运行速度快。本文应用STM32F407处理器外接网络芯片来实现以太网通信,属于嵌入式系统。LwIP是专为嵌入式产品设计的协议栈,是TCP/IP协议一种独立、简单的实现,其设计目的在于:在保证嵌入式产品拥有完整TCP/IP功能的同时,又能保证协议栈对处理器资源的有效消耗,其运行一般仅需几十千字节的RAM和40kB左右的ROM。LwIP不需要操作系统的支持也能运行,且LwIP协议栈全部用C写成,所有代码对用户可见^[6]。本文利用LwIP实现嵌入式无操作系统的UDP通信。

本文首先将无操作系统模拟层LwIP移植到下位机,同时还需将ARM的ST以太网驱动库移植到下位机。移植完毕需要编写网络芯片LAN8720A的驱动程序,并将该网络芯片注册到LwIP协议栈内核。在此基础上添加UDP协议,为下位机分配端口号等,从而实现下位机与上位机的UDP通信。

3.2 网线热插拔功能的实现

通常在STM32F407处理器初上电时,如果RJ45接口网线没有插上,系统在ETH以太网初始化过程中就会进入死循环,其原因是系统需要读取网络接口的连接状态,当其处于断开状态时会导致初始化失败;之后即使重新插上网线,系统也不会重新初始化,导致无法完成UDP通信。本文针对这种情况,希望下位机程序的运行无人干预,设计了网线热插拔功能。在网线插上时,系统重新初始化以太网、LwIP协议栈,利用UDP通信与上位机进行数据交换;在拔除网线时,停止使用UDP。程序流程图如图4所示。

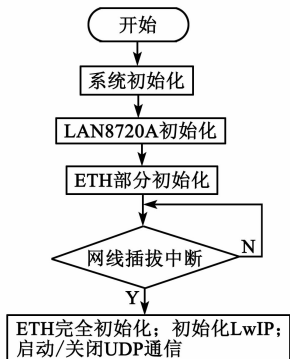


图4 网线热插拔实现流程

以太网、LwIP的初始化及启动、停止UDP通信都在中断服务函数中进行。LAN8720A是特定的中断屏蔽寄存器。本文首先对ETH以太网进行部分初始化,将LAN8720A中断屏蔽寄存器相应的

中断标志位置1,用于插上、拔除网线产生低电平有效的中断信号,在中断服务函数中再对ETH以太网进行完整的初始化。

3.3 上位机指令的解析及控制的实现

STM32F407处理器作为SAW RFID系统阅读器下位机的核心CPU,其可通过控制现场可编程门阵列(FPGA)来控制阅读器发射、接收及AD采样等模块的工作状态。本文利用上位机人机界面,通过UDP通信给STM32F407处理器发送控制指令来控制阅读器下位机的工作状态。STM32F407处理器需要接收、解析上位机指令并完成相应的指令控制。本文采用查询的方式接收上位机控制指令。其指令解析流程图如图5所示。

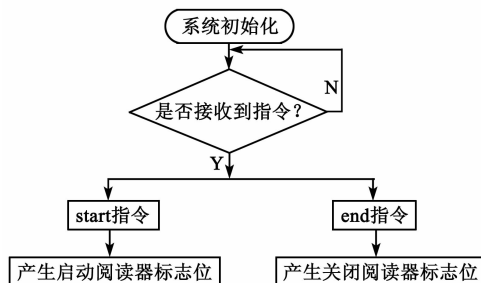


图5 上位机指令解析流程

当接收start指令,STM32F407处理器会唤醒阅读器信号源,并写入相应的控制字。与此同时,与FPGA进行通信,使其控制阅读器模拟电路模块进行工作,发射查询脉冲、采集回波数据,并通过UDP通信传至上位机处理。相反,当接收到end指令,系统将各模块失能即可。

3.4 上位机UDP通信及人机界面设计

对于上位机,其同样需要相应的UDP通信程序与下位机进行通信。本文采用C#设计上位机UDP通信程序,设计流程如图6所示。

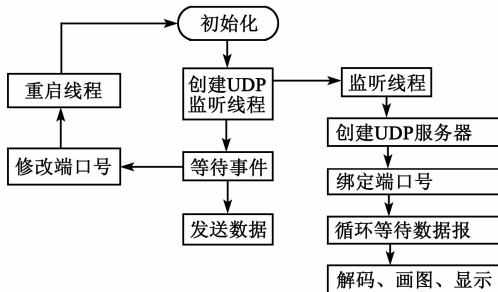


图6 上位机UDP通信程序设计流程

该程序主要完成数据的发送、接收、解码功能。当程序初始化完成,系统开始创建UDP线程。此时系统分为两个模块:

- 1) 等待事件,即等待数据的发送或修改本地端口号,修改本地端口号需重启线程。
- 2) 创建UDP服务器、绑定端口号并循环等待

接收数据,接收到回波数据后会对其进行编码解算。

上位机人机界面如图7所示,包括消息状态栏窗口、数据发送窗口、回波波形显示窗口及标签编码显示窗口等,同时还能修改本地端口号、远程IP及远程端口号。

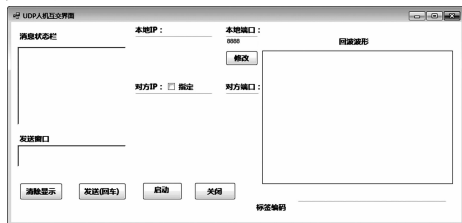


图7 上位机人机交互界面

4 系统测试

4.1 整体性能测试

系统测试环境如图8所示。通过上位机发送指令来控制下位机的工作状态。发送 start 指令启动阅读器,上位机界面显示结果如图9所示。



图8 系统测试环境

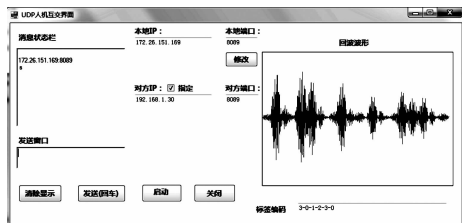


图9 人机交互界面显示结果

由图9可看出,设置完成本地端口号、远端IP及端口号后即可启动UDP通信。往下位机发送“s”,即 start 指令后,上位机接收到了标签回波数据,并将回波波形及解算出来的标签编码显示在对应的位置上,观察和调试较方便。

4.2 UDP通信和串口通信的速率比较

UDP通信传输速率是100 Mbit/s。波特率为115 200的串口通信传输速率为112.5 kbit/s,通常与上位机的串口通信波特率会限制在9 600以下,其传输速率更慢。本文对UDP通信和波特率为9 600的串口通信传输速率进行了对比。在分别传输10 000个字节的数据时,UDP通信远小于1 s,串口通信大概需要3 s。UDP通信速率明显比串口通信快。

4.3 声表面波标签测试

利用该系统对两个SAW标签Tag1(见图9)和Tag2(见图10)进行测试,测试距离为1.5 m。标签编码采用脉冲位置编码方案^[7],其编码都为3-0-1-2-3-0,其测试结果分别如图9、10所示。

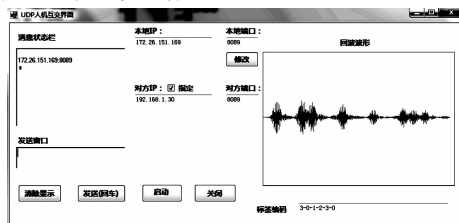


图10 SAW标签测试结果

由图9、10可看出,Tag1和Tag2编码解算结果都正确。但与Tag2相比,Tag1标签回波强度明显较大,且回波一致性较好。利用上位机人机界面可很好地观察标签编码和标签回波特点,了解标签的回波一致性等问题,并进行相应的标签设计改进。

5 结束语

通过将UDP通信用于声表面波射频识别系统^[8],使得系统的上、下位机数据传输变得方便、快捷。在实现上、下位机UDP通信的同时,下位机增加了网线热插拔,解析上位机指令及做出相应的控制等功能,使得阅读器更完善。设计了上位机人机界面,能实时观察标签的解码情况并了解标签的回波特点,便于调试和改进。通过实际测试,该系统的功能较完善,具有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] 康东,石喜庆,李勇鹏. 射频识别核心技术与典型应用开发案例[M]. 北京:人民邮电出版社,2008:22-25.
- [2] PLESSKY V P, REINDL L M. Review on SAW RFID tags[J]. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 2010, 57(3): 645-668.
- [3] 张虹. UDP与TCP结合实现多进程通信[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2002, 41(Suppl1): 121-124.
- [4] 韩韬,施文康,吴嘉慧,等. 无线生表面波辨识标签的分析和设计[J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(1): 36-39.
- [5] 陶杰,王欣. 基于STM32F407和OV7670的低端视频监控系统的[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2014, 14(3): 60-63.
- [6] 徐鑫,曹奇英. 基于LwIP协议栈的UDP协议分析与优化[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(3): 246-249.
- [7] 卢旭. 声表面波射频识别研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2012.
- [8] 刘良芳,张俊,刘晓琴,等. X454声表面波滤波器可靠性评估方法[J]. 四川兵工学报, 2014(12): 92-95.