

文章编号:1671-251X(2014)11-0113-03 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.11.028
李爱民,张峰.基于6LoWPAN的井下数据采集器设计[J].工矿自动化,2014,40(11):113-115.

基于6LoWPAN的井下数据采集器设计

李爱民¹, 张峰²

(1. 江苏建筑职业技术学院 机电工程学院, 江苏 徐州 221008;

2. 中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:针对目前井下数据采集装置存在功能简单、配置复杂、扩展性差等问题,设计了一种基于6LoWPAN的井下数据采集器。该数据采集器采用CC2530芯片实现井下多种参数的采集和无线收发,并通过移植在CC2530芯片上的Contiki系统6LowPAN协议栈实现UDP通信。测试结果表明,该数据采集器进行基于6LoWPAN的UDP通信时丢包率为0.15%,A/D接口的测量误差在0.2%以内。

关键词:数据采集器;6LoWPAN;Contiki;CC2530

中图分类号:TD655 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of underground data collector based on 6LoWPAN

LI Aimin¹, ZHANG Feng²

(1. Mechanical and Electrical Engineering Institute, Jiangsu Jianzhu Institute, Xuzhou 221008, China;

2. School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract:For problems of simple functions, complex configuration and poor expandability of existing underground data collector, an underground data collector based on 6LoWPAN was designed. CC2530 chip is used to realize collection and wireless transmission of underground multiple parameters. 6LoWPAN protocol stack provided by Contiki system is transplanted in CC2530 chip to realize UDP communication. The test results show that the data collector can realize UDP communication based on 6LoWPAN with packet loss rate of 0.15% and measuring error of A/D interface within 0.2%.

Key words:data collector; 6LoWPAN; Contiki; CC2530

0 引言

使用传感器和微处理器等采集井下数据并上传至地面监控室成为现代矿井提高安全生产水平的一种必要手段。目前,数据采集装置在井下得到了广泛应用,但这些装置往往功能简单、使用时配置复杂、不具备良好的扩展性和二次开发能力^[1]。设计一种成本低、应用简单、功耗低的数据采集器对保证矿井安全十分必要。相比于ZigBee网络,6LoWPAN网络可以在没有网关的条件下实现端到

端的通信,节点地址自动配置,路由器可以休眠。本文通过在CC2530芯片上移植6LoWPAN协议栈,设计了一种井下数据采集器,可实现井下多种信息的智能采集,并将采集数据通过IPv6网络上传。

1 基于6LoWPAN的数据采集系统

矿井安全监控系统广泛采用基于IEEE 802.15.4的无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)来感知井下信息,实现矿井WSN接入矿山IP网络的需求也日趋强烈^[2-3]。基于

收稿日期:2014-03-07;修回日期:2014-10-09;责任编辑:盛男。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51204186)。

作者简介:李爱民(1976—),男,江苏徐州人,讲师,硕士,研究方向为机电一体化,E-mail:liaimin928@126.com。

6LoWPAN 的数据采集系统结构如图 1 所示。数据采集器以无线的方式组成井下 WSN,将采集的传感器数据汇集到边界路由器。边界路由器的硬件结构与数据采集器基本相同,一般将其固定在巷道中,主要负责汇聚数据并通过有线通信的方式将数据传给网络交换机接入 IPv6 网络。

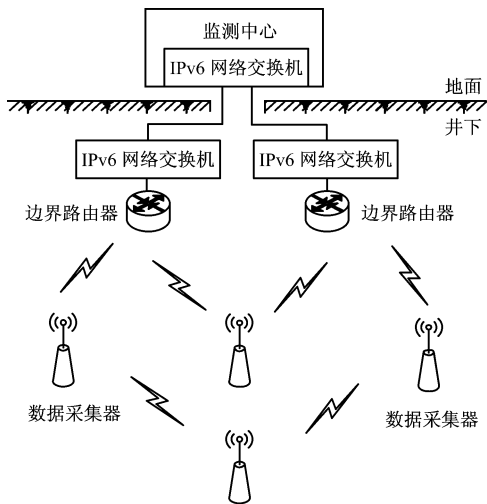


图 1 基于 6LoWPAN 的数据采集系统结构

2 数据采集器硬件设计

数据采集器采用 CC2530 作为主控芯片,其硬件结构如图 2 所示。CC2530 内部集成射频收发器,可自动实现无线数据收发,数据帧物理层和链路层遵循 IEEE 802.15.4 协议要求,最高传输速率可达 250 kbit/s。该芯片内置 8 kB 的 RAM 和 256 kB 的 Flash,能够满足井下传感器数据的在线或离线保存需求;具有 13 位分辨率的 A/D 转换模块,可以采集传感器输出的模拟信号;支持 SPI 串行通信,可以通过外接收发器实现 RS232/485 通信。对于温湿度传感器、加速度传感器等传感器接口类型,该芯片基本能实现直接通信;可以通过 SPI 接口实现 CAN 数据帧传输,将整个 WSN 挂接在井下既有的 CAN 通信网上,然后再将数据传输到地面监测中心。

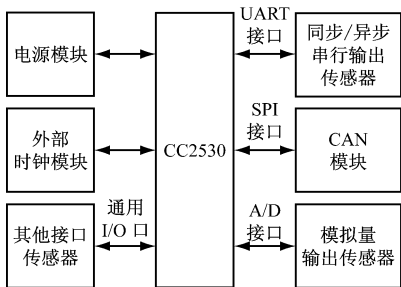


图 2 数据采集器硬件结构

3 数据采集器软件设计

3.1 Contiki 系统移植

本文通过 Contiki 操作系统提供的 6LoWPAN 协议栈来实现数据采集器的基本通信。Contiki 是一种移植性极强、专为 WSN 设计的多任务开源操作系统。它拥有一个基于事件驱动的内核,以 Protothread 机制提供多线程,非常适用于资源受限的 WSN 节点^[4]。

数据采集器软件在基于图形界面的 IAR 嵌入式系统开发平台进行开发,而 Contiki2.6 中提供的源码都是基于 GNU 工具链开发的,不适合在 IAR 上直接运行,所以需要将 Contiki 从 GNU 移植到 IAR 开发环境下。IAR 与 GNU 编译器 GCC 之间的差异:

(1) IAR 使用 IDE 来管理和编译工程,而 GCC 使用 makefile 来实现。

(2) IAR 和 GCC 的内嵌汇编代码在格式上有很多不同,需要将 Contiki 中的内嵌汇编代码全部修改成符合 IAR 标准的格式。如 GCC 定义中断服务处理程序的格式:

```
interrupt(T1_VECTOR)
irq_t1(void)
```

修改为 IAR 格式:

```
# pragma vector=T1_VECTOR
__near_func __interrupt void rtimer_isr(void)
```

首先下载并安装 IAR 软件,建立一个 IAR 工程,然后向工程中添加 CC2530 相关的基础代码、内核文件和功能模块。由于本文设计需要支持 6LoWPAN 和 RPL 路由协议,这部分源代码在 Contiki 的源码目录/core/net 路径下,需要有选择地添加。需要添加的内核代码结构如图 3 所示。

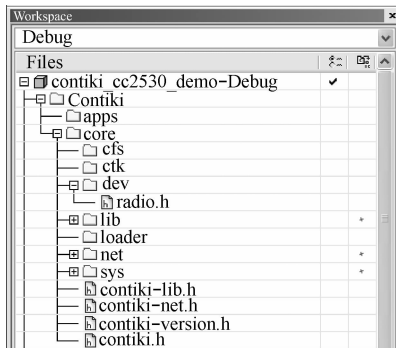


图 3 内核代码结构

net/mac 目录下的文件都添加到工程中,IAR 根据工程协议的实际配置,有选择地将需要的文件链接到可执行文件中。为了实现数据采集器的无线

路由功能,将 net/rpl 目录下的文件全部加入。由于本文 6LowPAN 网络使用 RPL 路由协议,不使用 rime 协议栈,所以 net/rime 目录下只添加 rimeaddr.h 和 rimeaddr.c,用来对 Contiki 操作系统的 MAC 层地址进行管理。

3.2 总体软件设计

首先对数据采集器的硬件进行初始化,主要包括 CC2530 的时钟初始化、无线寄存器初始化、通信端口初始化以及其他外围模块初始化。然后初始化操作系统,包括系统中所有数据结构的初始化、任务堆栈空间的分配、网络系统初始化和进程的创建^[5]。井下通信环境较差,为了降低数据采集器通信流量和无线信号碰撞概率,使用 UDP 协议作为应用层传输协议,以避免 TCP 协议带来的链路堵塞。数据采集器主要完成数据采集、存储、处理和转发等任务,为了减少适配层分片的工作量,应用层数据包净载荷最好控制在 10 byte。初始化完成后应用层主要工作流程如图 4 所示。

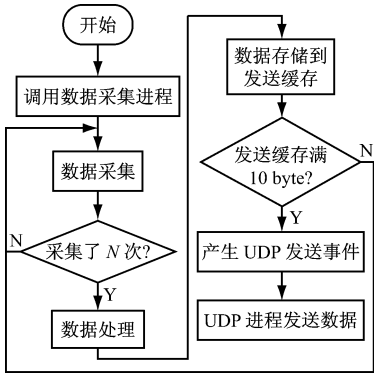


图 4 应用层主要工作流程

4 功能测试

为验证数据采集器有效性,搭建测试节点网络拓扑结构,如图 5 所示,其中 11 号节点为边界路由器,其他节点为数据采集器。所有节点使用 64 bit 扩展地址进行通信,11 号节点的地址配置:0x52, 0x01,0x13,0x01,0x00,0x00,0x00,0x01,22 号节点的地址配置:0x52,0x01,0x13,0x01,0x00,0x00,0x00,0x02,其余节点的地址只在最后一个字节作修改即可。每个节点的发射功率一样。节点 21, 22,23 与节点 11 的距离相等,节点 31,32 与节点 22 的距离相等,同层次的节点呈对称性。节点的通信基于移植的 6LoWPAN 协议栈,所有节点均工作在 2.455 GHz 频段上。通过无线抓包工具观察 11 号节点与 22 号节点之间的通信,如图 6 所示,表明节点间基于 6LoWPAN 的 UDP 通信成功。

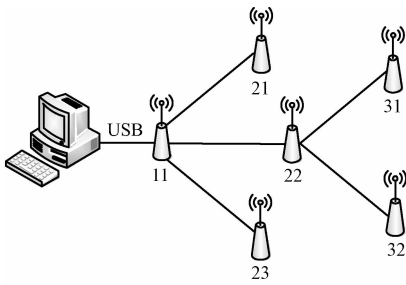


图 5 测试节点网络拓扑结构

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length
129	160.703125000	::5001:1301:0:2	:::1	UDP	66
130	162.703125000	::5001:1301:0:2	:::1	UDP	66
131	164.718750000	::5001:1301:0:2	:::1	UDP	66
132	166.718750000	::5001:1301:0:2	:::1	UDP	66
133	168.718750000	::5001:1301:0:2	:::1	UDP	66

Frame 130 : 66 bytes on wire (528 bits), 64 bytes captured (512 bits) on interface 0

IEEE 802.15.4 Data, Dst: 52:01:1301:00:0000:01, Src: 52:01:1301:00:0000:02

6LoWPAN

Internet protocol version 6, Src: ::5001:1301:0:2 (::5001:1301:0:2), Dst: ::1 (:::1)

User Datagram protocol, Src port: x11(6008), Dst port: x11(6008)

Data (25 bytes)

图 6 UDP 通信抓包

在通信功能正常的前提下,模拟矿井移动性目标数据采集环境,以同样的网络拓扑将数据采集器数量增加到 20 个,并将电压传感器连接至数据采集器的 A/D 接口,离散设置 12 个数据采集器节点处于正常人为移动状态。经测试,整个系统的丢包率为 0.15%,A/D 接口的测量误差在 0.2% 以内,满足矿井 WSN 数据采集指标要求。

5 结语

介绍了基于 6LoWPAN 的井下数据采集器硬件设计,详细分析了在 CC2530 芯片上移植 Contiki 操作系统和 6LoWPAN 协议栈的方法。测试结果表明,该数据采集器能够实现准确的 IPv6 数据包通信,且丢包率和 A/D 接口测量误差满足指标要求。

参考文献:

[1] 张峰,郭玲玲,徐钊. 基于 CC2530/ μ COS- II 的井下数据采集器[J]. 仪表技术与传感器,2014(1):34-36.

[2] 张凯婷,徐钊,张峰,等. 基于 6LoWPAN 的矿井无线传感器网络适配层研究[J]. 工矿自动化,2012,38(6):43-47.

[3] 李堃. 基于 6LoWPAN 的 IPv6 无线传感器网络的研究与实现[D]. 南京:南京航空航天大学,2008:1-3.

[4] DUNKELS A, VOIGT T, BERGMAN N, *et al.* The design and implementation of an IP-based sensor network for intrusion monitoring [C]//Swedish National Computer Networking Workshop, Karlstad, 2004.

[5] 杨庆华,张景元. 单片机和 MCP2510 的 CAN 总线通信模块设计[J]. 单片机与嵌入式系统研究,2007(3):35-37.