

基于工业自动化的无线传感器网络的开发^{*}

李江威,陈海永,孙立雄,张军伟,任 华,梁 涛
(河北工业大学,天津 300130)

摘要: 提出了一种适合工业自动化的无线传感器的网络结构,设计了无线传感器网络的终端节点模块以及工业现场常用的二次仪表的通信问题,实现了工业无线网络和有线网络的灵活配置、网关节点的开发,解决了无线传感器网关节点与上位机之间关键的可靠通信问题,并开发了上位机的监控组态软件,实验结果证实了提出的方法是有效的。

关键词: 无线传感器网络;二次仪表;网关

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)13-0053-04

The development of wireless sensor networks based on industrial automation

LI Jiang Wei, CHEN Hai Yong, SU Li Xiong, ZHANG Jun Wei, REN Hua, LIANG Tao
(Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: This paper presents a wireless sensor for industrial automation network structures. We primarily designed end-node module, solved the communication problems of the secondary instrument which is commonly used in industry, complied the flexible configuration of industrial wireless networks and wired networks, achieved the development of gateway nodes, solved reliable communication problem of the wireless sensor gateway nodes and host computer and developed a monitor configuration software in the host computer. Experimental results show that the proposed method is effective.

Key words: wireless sensor networks; secondary instrument; gateway

无线传感器网络综合了现代传感器技术、微电子技术、通信技术、嵌入式计算技术和分布式信息处理技术等多个学科,是新兴的交叉研究领域。它的出现引起了全世界范围的广泛关注,被称为二十一世纪最具影响的技术之一。随着研究的不断深入,无线传感器网络在环境监测、军事应用、医疗监测和家庭应用等方面表现出强大的生命力。近年来,人们开始日益关注无线传感器网络技术在工业自动化和工业测控领域的应用,以便实现大多数工业仪表和自动化产品都嵌入无线传输功能,完成从有线到无线的过渡。无线方案的灵活性必将大大简化工业自动化领域的监控网络的配置、维护等工作,大大改善工厂的运行条件。

本文将采用 TI 公司的 CC1110 芯片实现无线传感器的终端节点、路由节点及网关节点设计。并实现了终

端节点与传感器节点的接口设计以及终端节点与本地的智能仪表或二次仪表之间的通信接口设计。为了无线传感器网络系统能够与工业自动化领域的现有的技术无缝连接,本文针对网关节点设计了常用的现场总线协议。

1 系统设计结构

图 1 是一个典型的工业用无线传感器网络示意图,核心部分是低功耗的传感器节点(可以使用电池长期供电、太阳能电池供电,或风能、机械振动发电等),网络路由器和无线网关(将信息传输到工业以太网和控制中心,或者通过互联网传输)。无线传感器网络中的终端节点模块直接和各种各样的传感器节点相连接,通过路由节点和网关节点把传感器的数据传输到上位机,以进行进一步的数据处理。为了更方便地使用无线传感器网络把工业现场的数据传递出来,图 1 中的工业用无线传感器网络增加了传输智能仪表数据的能力,大大增强了方案

* 基金项目: 河北省自然科学基金(F2009000119); 河北工业大学博士启动基金

网络与通信 Network and Communication

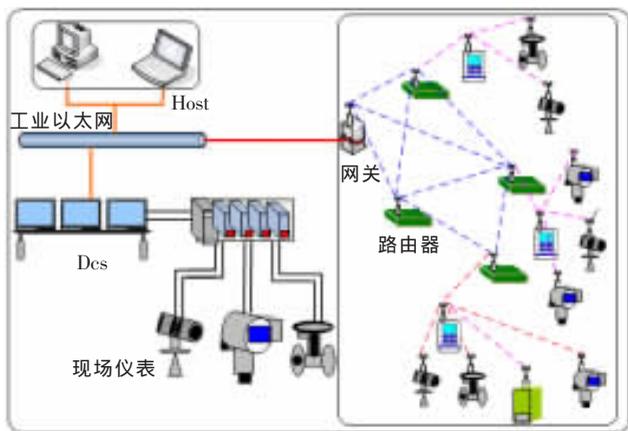


图1 工业用无线传感器网络

的灵活性。

由图1可以看出,多个传感器可以和本地的智能仪表连接实现本地数据的显示等功能,并通过无线传感器网络的终端节点把智能仪表采集到的多个传感器的数据转发出去,这样就能够大大减少无线传感器网络中的终端节点个数,更有效地利用终端节点。这种方案本质上是通过智能仪表使用有线方式采集与本地相距最近的几个传感器的数据,接着使用终端节点转发数据。可见这种方案在实际应用中可以根据现场的实际情况,灵活使用有线和无线的方案,使得系统配置更加灵活,能够满足对各种传感器和二次仪表的数据输出和输入控制命令,使得现有的工业网络无线化。

硬件模块主要分为终端节点发射模块、路由器模块、网关模块三部分,如图1所示。第一部分为终端节点模块,由传感器模块、数据处理模块、与其他单片机相连接的通信接口模块和发射模块组成。第二部分是路由器模块,包括无线发射、单片机信号输入与输出电路。第三部分是无线网关模块,包括无线信号接收与发射,无线接收与无线接收端与PC机的通信电路。

从图1中可以看出,无线传感器网络的数据最终都汇集到网关上,进而通过工业以太网传输给上位机,所以网关和工业以太网的接口设计也非常重要。

2 系统实现

2.1 终端节点设计

终端节点的核心是片上系统CC1110芯片,CC1110集成了支持315/433/868/915 MHz射频收发芯片,性能可达8倍标准8051性能的微处理器,以及32 KB闪存、4 KB RAM。芯片运行温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$,电压为2.0~3.6 V。能耗非常低,最低电流消耗为0.6 μA ,最大为31 mA,而且可编程数据率范围从1.2 Kb/s~500 Kb/s,特别适合传送大批量数据^[1-2]。

无线传感器的终端节点如图2所示,终端节点模块实现了三大功能:处理传感器的数据;与二次仪表通信,处理二次仪表的数据;最后把相关的数据通过发送模块

发射出去。而且由图1可以看到,作为终端节点的单片机必须带有两个串口,一个与网关通信,另一个与二次仪表进行通信。软件设备流程如图3所示。

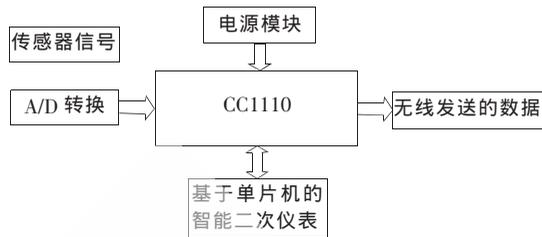


图2 终端节点及其相关模块

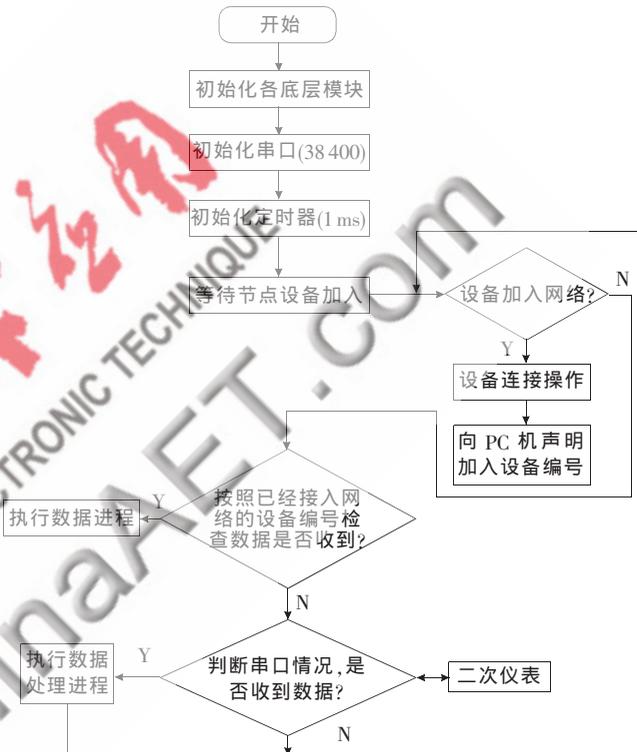


图3 软件设计流程图

由于在工业应用中,二次仪表占了很大的比重,所以CC1110与二次仪表的通信及其相关的数据处理是一个重要的部分。下面给出两者之间的通信接口设计。

2.2 通信接口设计

2.2.1 硬件连接

硬件连接方式可采用两种连接方式:串口的TTL电平直接相连和RS-232相连。

如果采用串口的TTL电平直接相连,TTL电平信号对于计算机处理器控制的设备内部的数据传输是很理想的,首先计算机处理器控制的设备内部的数据传输对于电源的要求不高且热损耗也较低;其次,计算机处理器控制的设备内部的数据传输是在高速下进行的,而TTL接口的操作恰能满足这个要求。

如果采用RS-232相连(简单的连接如图4所示),接口的信号电平值较高,易损坏接口电路的芯片,又因为与TTL电平不兼容,故需使用电平转换电路才能与

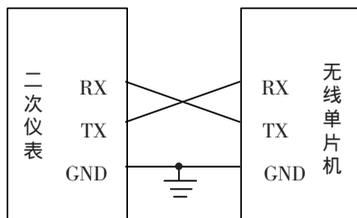


图4 RS-232 连接图

TTL 电路连接。而电平转换电路需要采用 MAX232。

根据两类单片机的实际情况可以灵活地选择这两种通信接口方式,下面以 TTL 直接相连为例介绍通信接口的软件开发。

2.2.2 软件设计

无线单片机与二次仪表进行通信包括:无线单片机的通信程序及二次仪表的通信程序。在编写程序之前,制定双方的通信协议是非常重要的,否则将无法保证通信数据的可靠性,从而失去通信的意义^[3]。约定其通信协议如下:

- (1) 串行通信波特率为 38 400 b/s;
- (2) 帧格式为:帧头 0x68AA,1 位起始位, n 位数据位,1 位停止位,校验位;
- (3) 无奇偶校验位;
- (4) 通信可以有中断传送方式和查询方式,这里采用中断方式通信。

无线单片机与二次仪表通信流程图如图 5 和图 6 所示。

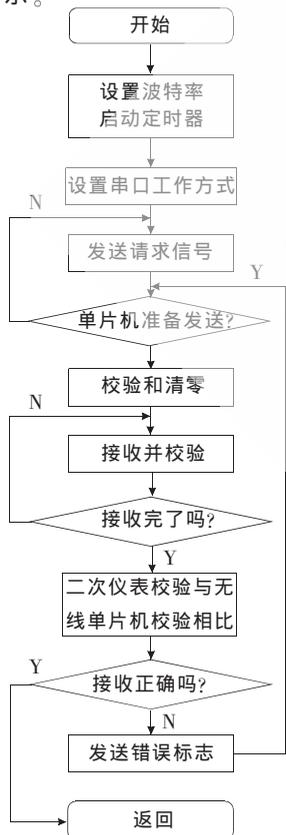


图5 无线单片机通信流程图

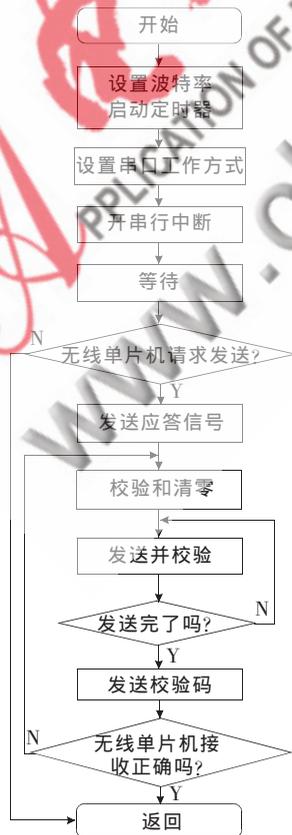


图6 二次仪表通信流程图

2.3 网关节点设计

终端节点处理完智能仪表和二次仪表的相关数据之后,通过发送模块发送数据,网关节点负责接收所有终端节点发过来的数据,再把数据送给上位机中,上位机的监控软件(如组态软件)对这些数据进行进一步的处理(如存储,图表显示,打印等)。这里有一个关键的问题就是网关节点与上位机的可靠性通信问题。一般使用成熟的现场总线模式来实现网关节点与电脑之间的通信,如 Modbus 总线协议。网关节点及其相关模块如图 7 所示。

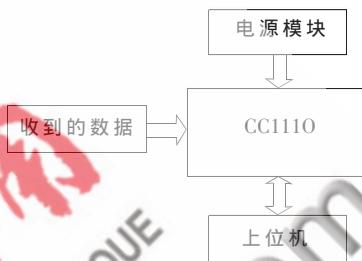


图7 网关节点及其相关模块

2.3.1 Modbus 现场总线协议设计

Modbus 协议是应用于电子控制器上的一种通用语言。通过此协议,控制器之间、控制器经由网络(例如以太网)和其他设备之间可以通信。此协议定义了一个控制器能认识使用的消息结构,而不管它们是经过何种网络进行通信的。它描述了控制器请求访问其他设备的过程,如何回应来自其他设备的请求,以及怎样侦测错误并记录。它制定了消息域格局和内容的公共格式^[4-5]。

当在一 Modbus 网络上通信时,此协议决定了每个控制器需要知道它们的设备地址,识别按地址发来的消息,决定要产生何种行动。如果需要回应,控制器将生成反馈信息并用 Modbus 协议发出。在其他网络上,包含了 Modbus 协议的消息转换为在此网络上使用的帧或包结构。这种转换也扩展了根据具体的网络解决节地址、路由路径及错误检测的方法。

Modbus 协议主要分为 ASCII 和 RTU 两种。本文采用 RTU 的方式,其信息帧格式如表 1 所示。

表 1 Modbus RTU 模式下信息帧格式

帧起始	从设备地址	功能代码	数据	CRC 校验	帧结束
T1-T2-T1-T2	8 bit	8 bit	N 个 8 Bit	16 bit	T1-T2-T1-T2

当控制器设为在 Modbus 网络上以远程终端单元(RTU)模式通信时,在消息中的每个 8 bit 的字节包含 2 个 4 bit 的十六进制字符。这种方式的主要优点是:在同样的波特率下,可比 ASCII 方式传送更多的数据。

代码系统:8 位二进制,十六进制数 0...9, A...F。
消息中的每个 8 位域都是由 2 个十六进制字符组成。

每个字节的位:1 个起始位;8 个数据位,最小的有

网络与通信 Network and Communication

效位先发送;1个奇偶校验位(无校验时无);1个停止位(有校验时),2个bit(无校验时);错误检测域;CRC(循环冗长检测)。

2.3.2 组态软件设计

组态软件是指一些数据采集与过程控制的专用软件,它们是在自动控制系统监控层一级的软件平台和开发环境,使用灵活的组态方式,为用户提供快速构建工业自动控制系统监控功能的、通用层次的软件工具。

三维力控组态软件是国产监控组态软件唯一的完整的冗余与热备体系设计,完整的分布式网络结构;支持控制设备冗余、多重网络冗余,多客户端冗余、冗余的主从站都可以操作;人机监控图形界面与过程数据处理分离,内置独立的实时历史数据库。

方便、灵活的开发环境,提供各种工程、画面模板、可嵌入各种格式(BMP、GIF、JPG、JPEG、CAD等)的图片,方便画面制作,大大降低了组态开发的工作量。

高性能实时、历史数据库,快速访问接口在数据库4万点数据负荷时,访问吞吐量可达到20000次/s。

强大的分布式报警、事件处理能力,支持报警、事件网络数据断线存储,恢复功能;支持操作图元对象的多个图层,通过脚本可灵活控制各图层的显示与隐藏,强大的ACTIVE X控件对象容器,定义了全新的容器接口集,增加了通过脚本对容器对象的直接操作功能,通过脚本可调用对象的方法、属性。

全新的、灵活的报表设计工具提供丰富的报表操作函数集、支持复杂脚本控制,包括:脚本调用和事件脚本,可以提供报表设计器,可以设计多套报表模板。

支持控制设备冗余、控制网络冗余、监控服务器冗余、监控网络冗余、监控客户端冗余等多种系统冗余方式。全新的高性能实时、历史数据库。

3 实验结果

以温度监测系统为例,本文采用上面提到的方案开发了一套如图1所示工业用的无线传感器网络,其实验结果如图8和图9所示。

本文重点介绍了工业无线传感器网络部分的实现。在已经实现工业无线传感器网络和节点间双向通信的前提下,很容易实现对工业设备的无线控制控制,包括继电器、I/O、开关控制、电机控制,只需要在软件和硬件

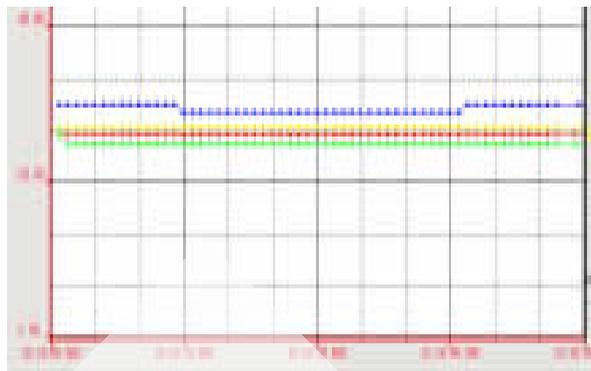


图8 实时温度曲线显示

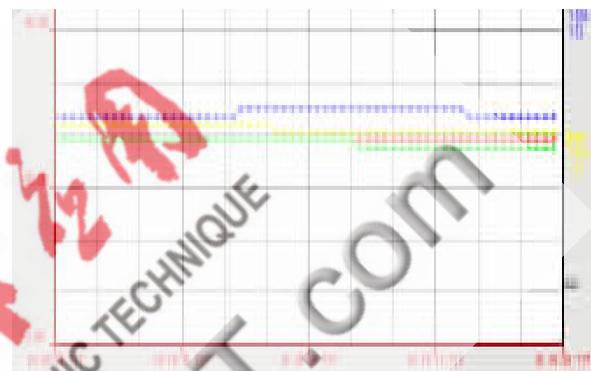


图9 历史温度曲线显示

上进行一些小的扩展就可以了。

参考文献

- [1] 吴光荣,章剑雄.基于CC2430的无线传感器网络的实现[J].现代电子技术,2008(12):121-124.
- [2] 毛君,刘克铭,徐广明.基于C8051F020单片机的串口通信应用[J].煤矿机械,2005(5):79-81.
- [3] 李文仲,段朝玉.CC1110/CC2510无线单片机和无线自组网入门与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [4] 封亚斌.采用串口通信技术实现Modbus数据通信[J].自动化仪表,2004,25(10):56-58.
- [5] 余向阳.无线传感器网络研究综述[J].单片机与嵌入式应用,2008(8):8-12.

(收稿日期:2009-12-10)

作者简介:

李江威,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:运动控制理论与应用及机器视觉。