

工业无线测控网络智能节点^①

程 健, 朱 健, 徐 亭

(中国科学技术大学 自动化系, 合肥 230027)

摘 要: 本文以嵌入式和无线局域网(简称 WLAN)技术为基础, 设计开发了一款面向工业无线测控网络应用的 WLAN 智能节点. 该智能节点作为传统工业测控设备的无线网络扩展, 通过 RS232、RS485 或 CAN 总线接口与设备通信来获取数据, 并通过无线网络将数据发送给 PLC 或计算机等控制设备, 从而有效弥补了有线网络在某些特殊环境下的不足, 进一步拓展了工业测控网络的应用领域.

关键词: 无线局域网; 嵌入式系统; 测控网络; 无线节点

Intelligent Nodes for the Industrial Wireless Measurement and Control Network

CHENG Jian, ZHU Jian, XU Ting

(Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract: In this paper, an intelligent node for the industrial wireless measurement and control network is designed and developed based on the technology of embedded system and Wireless LAN. As the wireless network expansion for traditional industrial equipments, the node obtains the data form equipments through the RS232, RS485, or CAN bus interface, and send it to PLC or computer controller. It thus effectively makes up for the lack of the wired network in the application of some special environments, expands the applications of industrial measurement and control network.

Key words: wireless LAN; embedded system; measurement and control network; wireless nodes

1 引言

传统的工业测控现场包括各种传感器、控制器、执行器、仪器仪表等设备, 它们相互连接成为一个控制网络, 传输大量的现场数据和控制信息. 这些设备通常只提供 RS232、RS485 等串行通信接口, 采用传统的串行线缆进行联网. 虽然可以满足工业控制应用的部分需要, 但对于复杂的、灵活多变的分布式测控系统的应用显得效率低下, 有些力不从心. 而随着现代自动化技术的发展, 工业现场设备不仅需要满足传统的数据采集和监控功能, 还需要向智能化、网络化、灵活化的方向发展^[1-3].

无线局域网技术因具有传输速率高、覆盖范围广、网络成本低、以及组网灵活方便等优点已广泛应用于消费电子、汽车电子、医疗设备、智能家居等众多领域^[4]. 在工业测控领域, 无线局域网技术能够为工业

现场的各种智能仪器、智能设备以及移动装置之间提供高速的无线数据通信和灵活的网络拓扑结构, 使得工业现场数据能够通过无线链路直接在网络上传输和共享, 在某些特殊环境下弥补了有线网络的不足, 进一步拓展了工业测控网络的应用领域.

本文以嵌入式和无线局域网技术为基础, 通过充分的调研和选型, 设计开发出一款通用的工业无线测控网络智能节点, 以实现传统工业测控设备的无线网络扩展, 同时能够与现存的有线网络进行有效地无缝连接.

2 无线局域网技术

无线局域网包括 IEEE802.11a、IEEE802.11b、IEEE802.11g、IEEE802.11e、IEEE802.11n 等协议标准, 工作于 2.4GHz 或 5GHz 的频段, 其数据最大传输速率

^① 收稿时间:2013-05-23;收到修改稿时间:2013-06-09

为 11Mbps(b)、54Mbps(a/g)、300Mbps(n), 网络覆盖范围为 100~300m^[5]. 而在工业测控领域, 无线局域网技术具有不可替代的应用特性, 相对有线网络它具有如下的技术优势:

1) 不需要通信电缆, 可以大大减少安装和维护费用、使工业自动化系统的配置更加方便和容易;

2) 网络覆盖范围广, 无线网络不受位置限制, 覆盖半径从几十米到几百米, 通过一些无线功率增强设备可将传输距离大幅提高到几十公里;

3) 可以应用于一些特殊的环境或者对象, 如应用在腐蚀、易燃、易爆的环境中, 又或者在一些高速旋转等不易布线的设备上使用.

3 应用需求分析

传统的工业测控设备绝大部分都不具备 WLAN 通信接口, 通过智能节点的扩展可以实现本地设备的智能控制和无线网络服务. 现场所有的智能节点通过无线接入点(Access Point, AP)以 Infrastructure 网络拓扑结构组成一个无线测控网络. 无线 AP 接入分布式网络系统(以太网), 与 PLC 控制器和计算机设备相连, 实现 PLC 网络控制以及计算机自动控制功能. 整个工业无线测控网络的结构图如图 1 所示.

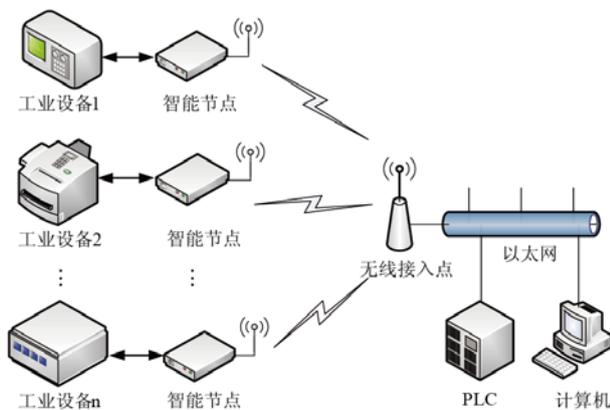


图 1 工业无线测控网络结构图

智能节点作为传统设备自动化控制的无线网络扩展, 必须具备无线网络接口和与本地设备的通信接口. 然而, 工业现场的测控设备具有的通信接口以及其遵循的协议可能各不相同, 有的甚至没有任何数字通信接口而只提供模拟量输入输出端口. 为了满足大部分设备的通信与控制要求, 智能节点不仅需要包含几种常用的工业总线接口, 同时需具有一定的可扩展性.

其具体的功能需求如下:

1) 1 个低成本、高性能且功能丰富的 32 位嵌入式微控制器, 提供基本的控制和通信性能保障;

2) 1 个 RS232、RS485、CAN 总线接口, 实现与传统设备的通信;

3) 1 个嵌入式 WLAN 通信接口, 实现无线网络服务功能;

4) 2 路模拟量输入通道和 1 路模拟量输出通道, 用于监测和控制模拟输出设备, 如高压直流电源;

5) 1 路继电器控制组, 用于电源信号的通断;

4 硬件系统设计

智能节点硬件系统结构框图如图 2 所示. 主要包括微控制器(MCU)、电源电路、复位电路、隔离的 RS232/RS485/CAN 总线接口、继电器控制电路、模拟量输入输出电路、以及 WLAN 无线模块.

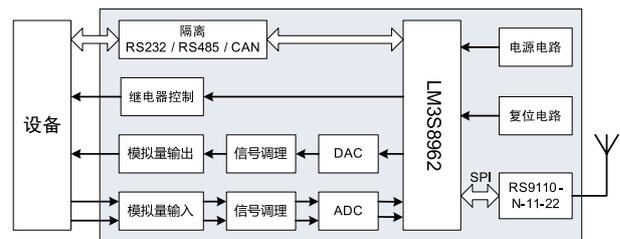


图 2 智能节点硬件结构框图

4.1 最小系统电路

最小系统电路由微控制器、电源和复位电路构成. MCU 选择 TI 公司生产的基于 ARM Cortex-M3 内核的 LM3S8962, 其时钟频率可达 50MHz, 内嵌 256KB Flash 和 64KB SRAM, 包含了 CAN、UART、SPI、I2C 等丰富外部设备集, 非常适合工业应用方案, 包括工厂自动化、测量仪器、远程监控、网络通信、医疗器械、以及火警安防等^[6].

电源输入的电压为 5V, 使用 AMS1117-3.3 电源转换芯片将 5V 转换为 3.3V, 其最大输出电流为 1A, 足以满足电路系统的功耗需要. 复位电路则使用带有手动复位和 EEPROM 存储器的 CAT1025 电源监控芯片.

4.2 总线接口电路

为了提高系统抗干扰能力, 硬件电路使用隔离的总线通信接口. 选用广州周立功公司生产的隔离 RS232 模块 RSM232、隔离 RS485 模块 RS3485ECHT、以及隔离 CAN 模块 CTM8251AT, 其工作电压范围为

3.0~3.6V, 隔离电压为 2500VDC, 并带有 ESD 和短路保护功能, 电磁抗干扰 EMS 极高, 工作稳定可靠。

4.3 继电器控制电路

继电器采用日本欧姆龙生产的是 5VDC 控制的 G6B-1174P-US, 其额定负载为 AC 250V, 8A, 满足一般设备交流电源的通断控制。继电器线圈操作电压为 DC5V, 额定电流 80mA, 通过三极管 9013 来驱动继电器内部切换。为了防止直流继电器断开时产生的反向电势对电路造成影响或元器件损坏, 需要在继电器线圈间反向并联一个高速开关二极管 1N4148。

4.4 模拟量输入输出电路

模拟量输入电路的前级使用 TI 公司的 FET 输入仪表放大器 INA121P, 其输出电压的偏置可以通过放大器 OPA177F 构成的可调基准源调节, 从而保证输入后级 ADC 模拟量信号范围在 0~5.0V。INA121P 输出接一个由放大器 OPA365 构成的二阶巴特沃兹低通滤波器, 可以有效地滤去高频噪声, 低通滤波器电阻电容参数应该根据具体的应用进行设置和调整。ADC 选择 TI 公司的 12 位 400KSPS 采样率的 TLC2551, 外置 5V 电压基准源(REF5050), 通过串行接口与 MCU 连接。

模拟量输出电路 DAC 选择 TI 公司的 TLV5636, 该 DAC 分辨率为 12 位, 转换速率为 500KSPS, 通过串行接口与 MCU 连接, 外部接入 2.5V 基准源(REF5025)时输出电压范围为 0~5 V。DAC 输出信号经过一阶 RC 滤波和电压跟随器输出到接口, 直接与外部设备相连。

4.5 WLAN 无线通信电路

WLAN 通信模块选择美国 RedPine Singles 公司生产的 RS9110-N-11-22(以下简称 RS9110), 它完全支持 IEEE802.11b/g 无线标准, 内部集成了物理层硬件系统、介质访问控制层、以及 TCP/IP 协议栈和配置管理程序, 非常适用于小型嵌入式系统的无线网络应用。

LM3S8962 通过 4 根标准 SPI 接口线和 2 根通用 IO(分别定义为 INT 和 RST)与 RS9110 相连, 便可以实现无线网络通信驱动。INT 是模块中断输出引脚, 一旦 RS9110 模块有数据需要向 MCU 传输, 则通过该引脚产生低电平有效中断; RST 是复位控制引脚, MCU 通过该引脚控制 RS9110 模块的复位时序。LM3S8962 的 SPI 接口同步时钟最高可达 25MHz, 为了保证其在最高时钟工作的可靠性, 需要在 SCLK 信号线上面串一个 5~50Ω 的防串扰电阻。另外, 在设计 PCB 电路板时,

RS9110 模块的射频收发电路区域不能铺地, 否则会减弱无线信号强度。

基于上述硬件电路设计原理, 结合小型化、可靠性 PCB 设计原则, 制作出智能节点的硬件电路板(如图 3), 并成功通过了功能测试。



图3 智能节点硬件电路实物图

5 软件系统设计

μC/OS-II 是一种可移植的、可裁剪的、抢占式的实时多任务操作系统, 被广泛应用于嵌入式产品的开发^[7]。智能节点将 μC/OS II (v2.84)操作系统移植到 LM3S8962 微控制器上, 并基于 μC/OS II 移植了 RS9110 模块的驱动程序。在驱动层, LM3S8962 通过 SPI 接口向模块发送操作命令或接收来自模块的数据, 而在应用层, RS9110 驱动程序提供了网络配置和通信的 API 函数, 通过该 API 可以实现基于 TCP/UDP 协议网络通信应用。

工业测控网络一般以主从模式进行命令和数据的交互, PLC 控制器或者计算机设备作为主节点, 智能节点作为从节点。智能节点应用程序包括 cmd_wait 和 data_send 两个线程: cmd_wait 线程等待来自主节点命令, 并对命令进行解析和处理; data_send 线程的主要任务是周期性获取本地设备的数据, 并发送给主节点。详细的程序执行流程如图 4 所示。

μC/OS-II 启动后执行的第一个线程是 taskStart, 该线程首先初始化基本的硬件设备, 然后在创建了 cmd_wait 和 data_send 两个线程后将自己永久阻塞。

cmd_wait 线程首先初始化 RS9110-N-11-22 无线网络模块, 然后创建一个 UDP 连接, 接下来 MCU 循环查询 RS9110 模块是否接收了网络数据。当成功接收来自主节点的命令, 先对命令的格式进行检验, 检

验通过后对其进行解析和处理. 最后再次进入命令等待状态.

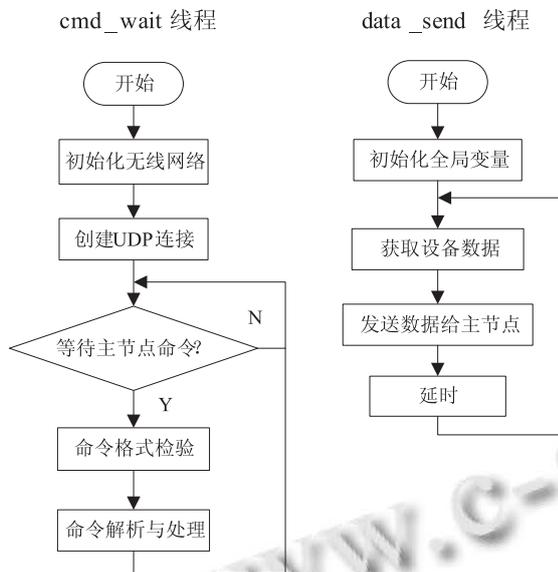


图 4 智能节点应用程序流程图

`data_send` 线程首先初始化全局变量, 然后周期性地获取设备数据, 并将数据发送给主节点. 不同的工业设备其数据的定义以及获取方式也不同, 有的设备通过使用 Modbus RTU 协议的 RS485 接口来获取数据, 有的通过使用 CanOpen 协议的 CAN 接口来获取, 而有的则通过 ADC 采集其模拟量信号来获取.

6 结束语

本文以高性能的 ARM-Cortex 微控制器和 μ C/OS

II 实时操作系统为嵌入式应用平台, 结合无线局域网技术, 设计开发了一款面向工业无线测控网络的智能节点. 该智能节点作为传统工业测控设备的无线网络扩展, 在实际应用中能够稳定、可靠地工作, 取得了良好的效果, 有效解决了网络集成化控制系统在无线通信方面的扩展和延伸.

参考文献

- 1 Cucej Z, Gleich D, Kaiser M, Planinsic P. Industrial networks. Proc. Elma-International Symposium Electronics in Marine. 2004. 59-66.
- 2 Fieldbus Technology in Industrial Automation Thomesse, J.P. Proc. of the IEEE, June 2005, 93 (6): 1073-1101.
- 3 刘林山. 嵌入无线局域网工业控制器的研究[硕士学位论文]. 天津: 天津大学. 2005.
- 4 王启超. 无线局域网在工业控制中的研究和应用[硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- 5 Gast MS. 802.11 无线网络权威指南. 南京: 东南大学出版社. 2007.
- 6 伊兹科维兹. 32 位 ARM 微控制器系统设计与实践: 基于 Luminary Micro LM3S 系列 Cortex-M3 内核. 北京: 北京航空航天大学出版社. 2010.
- 7 Labrosse JJ. 嵌入式实时操作系统 μ C/OS-II. 北京: 北京航空航天大学出版社. 2003.