

文章编号: 1004-4353(2017)03-0220-04

# 嵌入式数据集中器的设计与实现

彭井花

( 阳光学院, 福建 福州 350015 )

**摘要:** 针对传统的分布式监控系统存在通用性和现场适应性差以及系统安装调试难度大等不足,采用嵌入式芯片 LPC2292、无线射频芯片 nRF905、实时操作系统  $\mu$ COS-II 和任务限时服务及协议转换中间件技术,设计了一种嵌入式数据集中器,实现了各种类型的现场终端数据的无线接入,较好地解决了当前分布式监控系统存在的上述问题. 将该集中器用于电力开关室环境监测等系统中,应用结果表明该集中器具有与现场终端适配方便、扩展灵活、安装调试简便、工作稳定可靠等优点.

**关键词:** 数据集中器;  $\mu$ COS-II; 任务限时服务; 协议转换中间件技术; 无线射频

**中图分类号:** TP368                      **文献标识码:** A

## Design and implementation of data concentrator based on embedded system

PENG Jinghua

( *Yango College, Fuzhou 350015, China* )

**Abstract:** In view of the existing lack of versatility and adaptability as well as on-site system installation and debugging difficulty in traditional distributed monitoring system, this paper using embedded chip LPC2292, wireless RF chip nRF905, real-time operating system  $\mu$ COS-II, task time-limited service and protocol conversion middleware technology to design an embedded data concentrator, it realizes the wireless access terminal site data types and can solve the existing problems of distributed monitoring system. The concentrator has been used for the environmental monitoring system of electric power switch house, the application results show that the concentrator with the terminal adapter is convenient, flexible, convenient installation and debugging, work stable and reliable.

**Keywords:** data concentrator;  $\mu$ COS-II; task time-limited service; protocol conversion middleware technology; radio frequency

目前,监控系统主要分为集中式监控系统和分布式控制系统(DCS)两种,其中 DCS 因具有风险分散、较强的数据通信能力等优势而被广泛应用在监控系统中<sup>[1]</sup>. DCS 是一个横向分散、纵向分级的控制系统,目前还存在如下主要问题:一是通用性和现场适应性差,例如现场终端异构数据的接入和处理问题;二是数据采集或控制方式单一,即系统中各传感器不能协同工作,不能提供各传感器的融合信息等;三是数传模块功能单一;四是系统安装调试难度大,灵活性和可靠性较差<sup>[2-3]</sup>. 当前国内外学者主要针对 DCS 的后两个问题进行了深入研究,如文献[3-6],而较少关注 DCS 存在的前两个问题. 鉴于此,本文提出了通用型无线数据集中器的设计思想,该集中器采用嵌入式、无

线通信、任务限时服务及协议转换中间件等技术,实现了各类型现场终端数据的无线接入与处理,较好地解决了当前 DCS 存在的一些问题。

### 1 系统设计

为了解决 DCS 系统通用性和现场适应性差等问题,本文将 DCS 划分为远程监控中心和现场监控系统二部分,如图 1 所示。远程监控中心通过光纤通讯网络和现场监控系统进行通信,以此实现远程实时监控现场的数据和状态,并可对现场系统进行设置、查询等操作,实现现场的无人值守。现场监控系统主要由数据集中器(DI)、用户交互设备(UI)和采集终端(RTU)组成,其中 DI 是 DCS 的“中间件”,起着承上启下的作用,向下汇聚各 RTU 的数据和传递监控中心的指令给 RTU,向上与监控中心建立双向通信链路,同时还担任来自 RTU 异构数据的解析和传感器信息融合的计算任务,由此实现对监控现场环境和监控对象工作状态的监测,同时对异常情况进行分析和判断,并依据判断结果输出多种类型的控制信号驱动外设。本系统设有保存运行的历史数据和特定数据的功能,并响应来自 UI/PC 的设置和查询等指令。

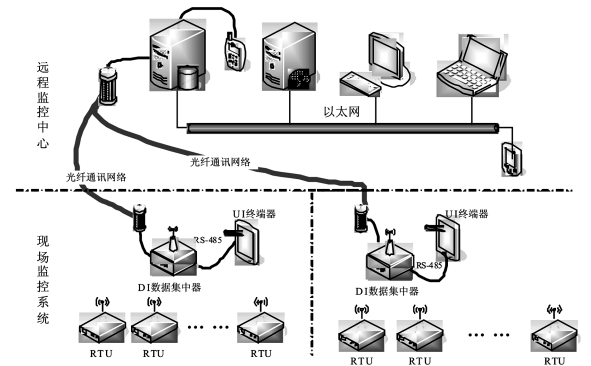


图 1 分布式监测系统结构图

DI 的系统框图如图 2 所示,其由 MCU、存储器、无线通信、串行接口和输出控制等模块组成,其中 MCU 采用 ARM7 内核的嵌入式芯片 LPC2292,配合  $\mu$ COS-II 实时多任务嵌入式操作系统。由于 DI 系统数据量较大,FLASH 存储器采用 2 M 字节的 AT45DB161,存储系统配置数据的 EEPROM 选用 8 K 字节的 FM24CL64。DI 与 RTU 之间采用

nRF905 模块实现无线通讯,从结构上保证系统安装调试的便利性和灵活性。由于图 2 中硬件电路多数为通用电路,因此在系统硬件电路设计中本文仅对汇聚现场数据的通信链路——无线通信电路设计做进一步说明。

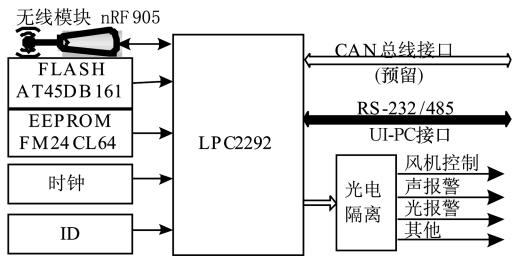


图 2 DI 系统框图

### 2 无线通信电路设计

本设计采用 nRF905 模块设计无线通信电路,如图 3 所示。nRF905 采用 GMSK 调制,GM-SK 具有低功耗、外围元器件少、环境适应性强、数据传输性能和抗干扰性能好等优点,能够长期在较恶劣环境下可靠运行。nRF905 已有很多典型的应用电路,在硬件设计时关键在于元件的选型和 PCB 设计。图 3 中 C1、C2、C9-C11 采用低温漂高频瓷片电容,C5-C8 为电源退耦电容,采用低温漂 X7R 瓷片电容;L1-L3 与 C9-C11 构成天线的阻抗匹配网络,采用贴片电感。在软件设计时,利用 nRF905 独特的载波监测、地址匹配和数据就绪输出等功能,以及自动生成前导码、CRC 和数据包重发等功能,这些功能可以方便地解决多信源对 DI 通信时的数据冲突以及数据通信的可靠性问题,相关设计方法见参考文献[7-8]。

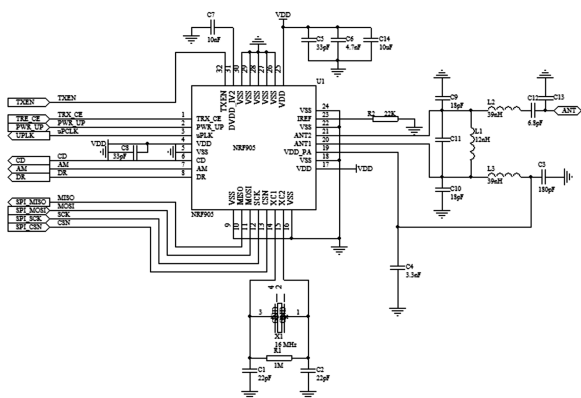


图 3 无线通信电路原理图

3 系统软件设计

数据集中器 DI 系统软件结构图如图 4 所示. 为了实现数据的融合处理和多任务的实时管理, DI 采用  $\mu$ COS-II 操作系统,除了需驱动相关设备外,还需将“应用层”任务分解成与 RTU 的通讯任务(包括 RTU 注册、RTU 数据采集、RTU 数据解析、报警控制、升级)和远端 PC/UI 的通讯任务(包括数据打包、协议解析、处理).

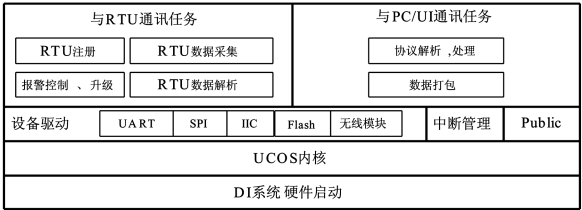


图 4 系统软件结构图

3.1 启动任务和定时任务流程

DI 系统启动后先初始化串口、SPI、IIC、中断等 ARM 硬件资源,然后读取系统配置数据,建立无线采集、UI 通讯、服务器通讯等任务并开始执行各种定时任务,如图 5 和图 6 所示.

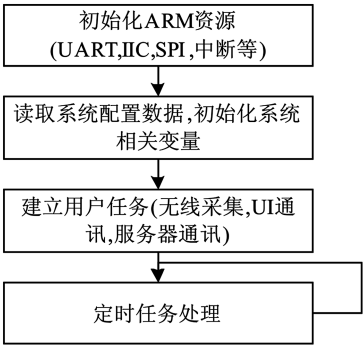


图 5 启动任务流程

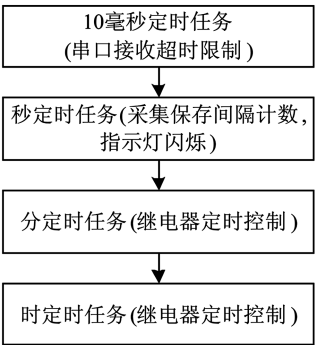


图 6 定时任务流程

3.2 任务限时服务设计流程

软件设计时需考虑约束任务的运行时间, 否则容易导致同一任务在运行时间上的重叠, 且共享资源容易产生相互干扰, 从而影响整个系统的运行工作. 为此本文采用任务限时服务的设计方法, 如图 7 和图 8 所示. 在定时中断流程中, 首先为每个任务设置运行标志位和计时器, 再由 MCU 的定时中断根据运行标志位的状态来进行计时, 若任务正常结束, 则将对应的任务运行标志位和任务计时器重置, 否则将计时器加一个计时单元. 在主程序循环中, 任务的限时判断模块仅对任务运行的时间进行判断, 若计时单元大于任务正常的运行时间, 则将任务所使用的相关资源设置为初始状态, 为下一次任务提供服务, 这样可避免多个相同任务的相互干扰<sup>[9]</sup>, 从而有效地提高软件系统的可靠性.

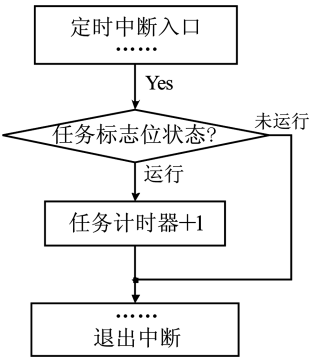


图 7 任务限时服务定时中断流程图

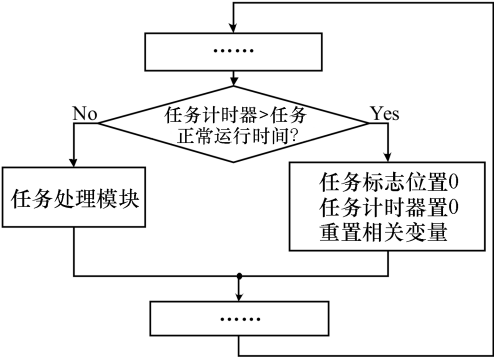


图 8 任务限时服务主程序流程图

3.3 中间件协议转换设计

为了解决 DCS 各层之间交互协议的转换与解析问题, 本文设计了如图 9 所示的系统的通信协议结构. 作为系统“中间件”的 DI 需要对数据交

换的格式进行约束,如 RTU 和 DI 之间、UI 和 DI 之间、DI 和远端 PC 之间. 其中协议 1-2 用于 DI 和 RTU 之间的通讯,为主从分布式无线网络,通讯时由 DI 发起,向指定 RTU 发送设置或查询指令. 设计中要求数据序列长度尽可能短,内容尽可能涵盖重要数据和信息,因此该通讯协议格式采用二进制数据流实现. DI 和 UI 之间(协议 3-4)是 RS-485 有线通讯,多用于现场使用,因此其通讯格式综合 NMEA-0813 和 IEC60870-5-103 优点,采用 ASCII 字符串. 为了提高代码的利用率及可测试性,协议 3-4 和协议 5-6 合并为一个公共的协议处理.

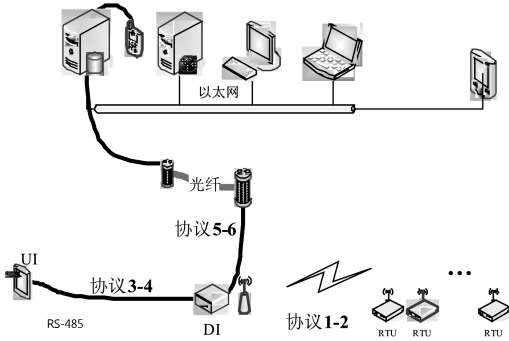


图 9 系统结构中的协议说明图

为方便起见,所有操作指令均为定长处理,数据传输协议基本格式为起始符、地址域、功能域、检验域、数据长度和数据域. 其中起始符具有自动恢复功能,其目的是为防止由多机通讯时出现的数据坏包引起的数据不同步而导致的通信故障;起始符和检验域对于协议 1-2 而言为可选项,因为无线通讯能自动生成 CRC 和前导码;数据域内容根据功能域来决定. 根据用户实际需求,本系统协议 3-4(5-6)的通讯均采用半双工通信方式,DI 采用被动方式,PC 或 UI 采用主动方式. 因此对于协议 3-4(5-6)而言,地址域即为 DI 的编号,由于 PC 与 DI 的通信方式是一对多,因此 PC 端必须指明要访问的 DI 编号;而 UI 与 DI 的通信方式是一对一,因此不需指明地址域. DI 采用同步

键值存储数据的方式,用以解决 PC、UI、DI 不同数据库间的数据同步、数据一致性及多重保障,从而最终实现 RTU 与应用系统之间数据传输、过滤、数据格式转换以及交互协议的转换与解析.

4 结论

本文应用无线射频技术、嵌入式技术、实时多任务操作系统、任务限时服务策略和协议转换中间件技术,设计了一种通用型无线智能分布式数据集中器,实现了对分散 RTU 的数据进行无线采集、实时多任务处理及控制形式多样化等功能,系统具有成本和误报率低、扩展性及可靠性高、安装调试简便等优点. 目前,该数据集中器已经成功地应用在福州宏博科技有限公司的电力开关室环境监测系统中,实践证明该系统克服了原有系统数据采集和控制方式单一,不能适应不同规模、不同类型电力开关室的监控需求.

参考文献:

[1] 孙星. 分布式控制系统 DCS 研究[J]. 科技创新导报,2011(12):124-124.

[2] 王睿林. 多传感器集成技术助力智能安防建设[J]. 中国公共安全(学术版),2014(19):128-130.

[3] 林嫣. 基于无线传感器网络的智能温室监控系统的设计与实现[D]. 天津:南开大学,2015.

[4] 吕晓乙. 远程监控系统在码头电站管理的使用[J]. 科技创新与应用,2014(28):80-80.

[5] 丁飞,张西良,宋光明,等. 面向设施环境的无线分布式监控系统[J]. 计算机工程,2010,36(3):234-236.

[6] 张矿伟,范茂彦,罗增勇,等. 一种基于无线通信的智能分布式温度监控系统研究[J]. 玉溪师范学院学报,2016,32(4):57-61.

[7] 刘琪芳,刘振宇,王前鹏. 基于 nRF905 与 SIM300 的田间无线多节点远程监测系统的设计[J]. 江苏农业科学,2016,45(5):404-407.

[8] 蒋传魁,姚进. 基于 nRF905 模块的单体液压支柱压力监测系统的设计[J]. 仪表技术与传感器,2016(8):40-43.

[9] 陈聪慧. 嵌入式航标遥测监控终端的设计[D]. 福州:福建师范大学,2009.