

基于 web 网络优化协议的水质污染程度 在线监测系统设计

郭其标¹, 吕春峰²

(1. 嘉应学院 计算机学院, 广东 梅州 514015; 2. 郑州铁路职业技术学院 软件学院, 郑州 450052)

摘要: 针对传统人工水质污染程度检测工作效率低、实时监测能力不强的问题, 设计并实现了基于 web 网络优化协议的实时在线水质污染程度自动监测系统, 系统利用无线传感器网络节点对区域水源水质进行监测, 通过无线分组通信技术与宽带网络对数据进行远程传送, 工作人员可实现 web 实时在线的水质信息查询、管理控制、数据收集、报警提示等操作, 基于 web 的水质监测系统, 提升了系统的可扩展性、易用性以及实时性等; 系统硬件包括传感器模块、无线通信模块、单片机外围电路、以太网接口模块等; 系统软件设计了 web 网络优化协议、系统监测平台、远程参数设置、驱动程序等内容; 应用该系统对西安市护城河的水质进行污染程度监测, 部署 20 个传感器监测节点, 1 个监测子站节点, 1 个远程 web 监测主站, 分别监测河水中 pH 值、总磷浓度 TP、化学耗氧量 (COD)、氨氮浓度, 连续采样两天时间, 通过仿真实验表明, 该系统实现了 100% 的通信成功率, 网络之间访问速度是传统网络协议的 5~8 倍, 无线传感器网络与远程监测工作稳定可靠, 通信速率满足实时监测要求, 适用于对城市水源水质污染程度的实时在线监测。

关键词: 网络优化协议; 水质污染; 实时在线监测

Web-based Network Optimization Protocol Extent of Water Pollution Monitoring System Design Online

Guo Qibiao¹, Lv Chunfeng²

(1. School of Computer, Jiaying University, Meizhou 514015, China;

2. Software College, Zhengzhou Railway Vocational and Technical College, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Water pollution degree to the traditional artificial detection efficiency is low, the problem of real-time monitoring capability is not strong, was designed and implemented based on web network to optimize the protocol of real-time online water quality pollution level automatic monitoring system, the system USES wireless sensor network node of regional water quality monitoring, via a wireless packet communication technology and broadband network for remote data transmission, the staff can realize real-time online web information query, water quality management and control, data collection and alarm prompt operation, water quality monitoring system based on web, improve the system scalability, ease of use, and real-time performance, etc. The system hardware includes sensor module, wireless communication module, MCU peripheral circuit, Ethernet interface module, etc; System software design of the web network optimization protocol, system monitoring platform, the remote parameter setting, driver, etc. Application of this system for pollution monitoring of water quality of Xi'an moat, 20 monitoring sensor node deployment, a monitoring station node, a remote web monitoring master station, respectively in monitoring the water pH value, the total phosphorus concentration TP, chemical oxygen demand (COD), ammonia nitrogen concentration and sampling time two days in a row, the simulation experiments show that this system has realized a 100% success rate of communication, network access speed is between 5~8 times of traditional network protocol, wireless sensor network and remote monitoring work stable and reliable, and communication rate meets the demand of real-time monitoring, suitable for urban water quality pollution degree of real-time online monitoring.

Keywords: network optimization protocol; water pollution; real-time online monitoring

0 引言

水源水质的污染程度关系到人民群众的用水安全, 河流、湖泊的环保问题, 水产养殖户的生产问题等等, 因此, 对于水资源的环境保护, 是实现人类生活环境可持续发展的重要保障^[1-2]。通过水质传感器、单片机技术、互联网技术、无线通信技术以及分布式数据处理技术等内容的结合, 构建基于 web

网络优化协议的水质污染程度无线传感监测网络, 其目的就是各传感节点协同感知, 对流动的水源进行全面的水质信息采集, 从而可以准确地将水体水温、溶氧、酸碱度、氨氮值、浊度值等参数信息通过无线网络和宽带互联网传送给控制中心, 实现对监控区域水质的科学管理, 系统是在利用现有宽带互联网等基础设施的基础上构建与部署的, 因此, 节省了大量的资源, 而且可以部署在更大范围的水域进行监控, 可扩展性也更强^[3-4]。

1 系统设计

监测系统总体架构如图 1 所示, 系统由水质检测模块、无线通信模块、水质净化模块、MCU 主控模块、网关接口模块、Internet 宽带模块、Web 信息管理模块和远程监控中心模

收稿日期: 2013-11-21; 修回日期: 2014-01-29。

基金项目: 广东省高校优秀青年创新人才培养计划基金资助项目 (LYM10121)。

作者简介: 郭其标 (1982-), 男, 广东梅县人, 硕士, 讲师, 主要从事数据安全、数据挖掘和计算机网络方向的研究。

块等组成。水源传感器节点将监测水域的水质污染程度信息采集并无线传输给监测子站, 监测子站收集多个传感器数据进行预处理, 并通过宽带互联网将数据传送给远程监测主站, 主站对信息进行处理后, 通过 web 网页进行实时在线显示监测数据, 并提供监测曲线, 发送控制指令等操作, 工作人员可通过 web 进行查询、控制等工作。

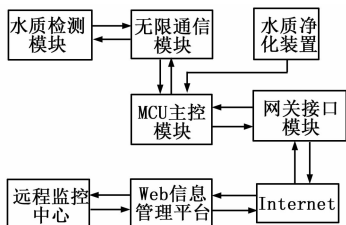


图 1 监测系统总体结构图

2 系统关键硬件模块结构设计

2.1 水质检测模块的硬件设计

用于检测水质的传感器选择 JAP60M/U52-10M 多参数水质检测传感器, 它由传感阵列、调理电路及加热控制电路和数据采集卡构成。其特点是能自动地进行校准, 从而获得更可靠的水质参数; 传感器可直接挂接节点后潜入水中直测, 无需收集样品; 具有数据保护功能, 使得暂存数据更安全; 传感器的大功率能使系统获得较为精确数据。测量参数通过串口传送给无线通信模块进行数据传输。

2.2 无线通信模块的硬件设计

无线通信模块设计结构如图 2 所示, 以 RFW12-M 芯片组和 RFW-D100 数字后端为核心的点对多点的无线收发电路, 可以在噪音环境下工作, 并且能准确地把水质检测数据传送到 MCU 主控模块中; 模块使用电池供电。引脚 TX 与 RX 为串口通信接口, 引脚 CMP 与 RC_CAP 分别接 100 nF 和 220 nF 的滤波电容。引脚 P1.0~P1.6 分别接功能信号。引脚 P0.0~P0.7 分别接 RFW-D100 的 DATA0~DATA7 为数据接口。引脚 X1 与 X2 为外接 24 MHz 的专用于 2.4 GHz 射频电路的晶振, 其旁路电容为 22 pF。RFW12-M 有一个外置天线。

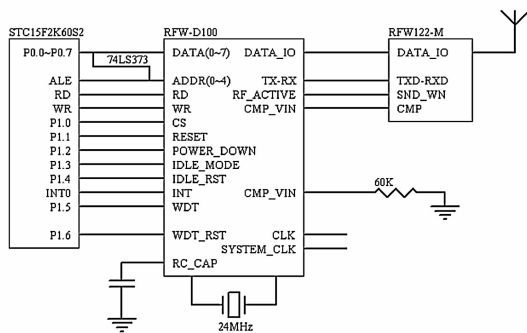


图 2 无线通信模块设计结构图

2.3 MCU 主控模块的硬件设计

MCU 主控模块设计时采用基于 STC15F2K60S2 单片机为控制核心, 其拥有两个独立串口; 内置 8 通道的高速 10 位 A/D 转换器; 内置晶振与复位电路, 使其抗干扰能力大大增强; 能及时的对无线通信模块传递过来的水质检测数据进行处理,

此外, 它拥有 2K 字节 SRAM; 拥有多个 I/O 口, 增强型的 8051 内核; 高速、低功耗, 重要的是成本较低, 非常适用于本系统大范围区域的水质监测工作^[5]。其引脚分布与连接电路硬件设计选用尺寸更小的 LQFP 贴片封装, 可以使产品更小, 更易于安装部署在水源流动的任何位置。串口 1 的引脚 TXD (引脚 22) 与 RXD (引脚 21) 连接于串口通信芯片 SP3232, 并与 CC2480 芯片的通信端口连接, 进行通信。A/D 通道 AD0~AD7 (引脚 1~引脚 8) 可以连接 8 个水质传感器的模拟信号输入。其串口 2 的引脚 TXD2 (引脚 10) 和 RXD2 (引脚 9) 与以太网接口芯片上的通信接口连接, 并实现双向通信。远程控制中心通过 web 操作平台可控制开启相应的水质净化设备, MCU 在接收到命令后, 通过继电器电路控制设备的开关。其它的 I/O 作为片选信号、报警控制信号、键盘、显示等功能的使用。

2.4 网关接口模块的硬件设计

网关接口模块用于接收无线传感器节点的数据, 并应用 GPRS 功能的数据传输设备 (DCE), DCE 与 RF 接收单元之间通过串口进行通信。其与 MCU 连接通信的硬件设计电路如图 3 所示, 接收到的水质检测数据汇总到监测子站上, 子站再通过以太网接口将水质检测数据传送给远程监测主站, 通过 web 信息管理平台可以实时在线对水源水质进行监测。

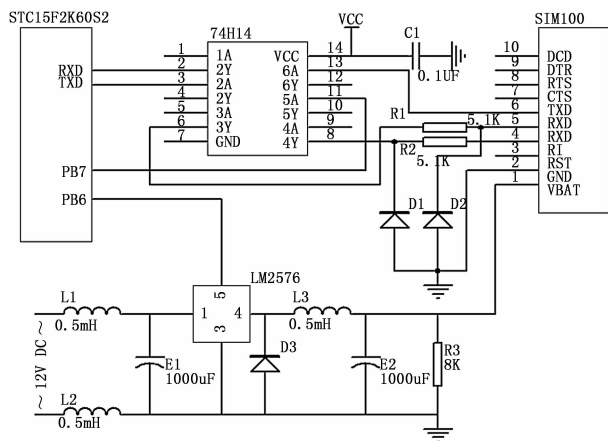


图 3 网关接口模块硬件设计结构图

监测子站的基于 DM9000A 芯片的以太网接口硬件连接电路, INT 是中断请求信号线, 高电平有效, 当 DM9000A 接收或传送完一个数据包时产生一个高电平脉冲的中断请求信号; IOR#、IOW#、CS# 分别是读、写、片选控制信号线, 均是低电平有效, 与 MCU 上的端口引脚通过匹配电阻相连; PWRST 是 DM9000A 芯片的复位信号, 低电平有效, 复位低电平至少持续 20 ms, 通过 MCU 上的复位信号 RST# 控制; RJ45 是以太网网线接口。

3 软件设计

3.1 系统软件流程设计

系统的软件流程如图 4 所示, 系统定时进行水质检测, 其他时间系统处于待机状态, 水质传感器采集到水质数据后, 采用程序中断将水质检测数据传送到网关上, 传感器节点的作用主要是对水质数据的采集、预处理与无线传输, 监测子站网关的作用是汇集各个传感器节点数据进行转发, 并接收主站命

令，转发到各个节点。网关节点程序主要应用 C 语言进行开发，并对整个网络的通信协议进行优化。

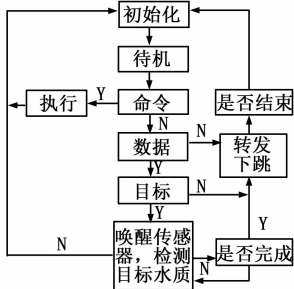


图 4 系统软件流程设计

3.2 web 网络优化协议数据传输软件设计

分工明确的网络协议可以提升通信的效率，因此，基于 IEEE802.15.4 短距通信标准对网络协议进行优化，传感器节点主要负责水质数据采集，监测子站节点负责数据的处理与转发，主站为最后的网关，是数据的终点，并负责发送指令。基于 web 网络协议的数据传输，则需要实现 PPP 等上层协议，应用 TCP/UDP 协议来完成 web 业务数据的封装与拆帧，主机直接向以太网模块发送 AT 指令建立 TCP/IP 连接即可实现数据传输。

TCP 协议是一个确保连接和安全的传输协议，而使用的手段就是连接握手和 Ack 机制。TCP 协议和应用协议的优化对于多传感器网络的数据访问速度有着重要影响，因此，通过以下几个方面对网络协议进行优化。

3.2.1 提前下载网络 MAPI 协议消息

这是专门针对协议 MAPI 协议，该协议主要是用于 Exchange 服务，加速 Exchange 性能并简化效率极低的连续性大块传输。

3.2.2 提前请求文件的数据块

这主要用在 CIFS 协议身上，从而加快 WAN 链路上的 CIFS 传输速度。

3.2.3 对网页对象请求实施本地缓存

构建网页需要多次往返，为了加快分支办事处的网页下载速度，了解与特定 URL 相关的对象，并在链路上传输它们，以便在这些对象下次被请求时能够在本地提供它们。

3.2.4 避开网络应答过程

所有的应答消息都是在本地网络进行传输。

3.3 系统监测应用平台

远程监测主站的 web 网页系统应用平台软件包括监测地图、监测项目数据、监测曲线、报警与技术支持、查询等功能，系统控制平台的主要作用是显示、查询、控制水源水质数据信息，并可对水质进行某一参数的单采集，或者根据预先设定的时间间隔采集各种水质参数，对于污染超标的水域进行报警提示，并采取相应的应急措施等。

4 实验与分析

应用本系统对西安市护城河的水质进行污染程度监测，部署 20 个传感器监测节点，1 个监测子站节点，1 个远程 web 监测主站，分别监测河水中 pH 值、总磷浓度 TP、化学耗氧量 (COD)、氨氮浓度，连续采样两天时间，系统对所有采集数据进行筛选与处理分析，并与环保部门官方公布的近期数据

进行比较，实验结果表明，本系统工作稳定，实时在线的水质监测数据基本准确，其效率优于传统常规的人工检测方法，取得了较为满意的结果。其不同时段的水质监测实验平均数据如表 1 所示。

表 1 实验数据

时段	PH 值	总磷浓度/ (mg · L ⁻¹)	化学耗氧量/ (mg · L ⁻¹)	氨氮浓度/ (mg · L ⁻¹)
0~4	7.2	4.2	216	45.2
5~8	7.1	4.1	220	40.3
9~12	7.6	4.3	236	44.1
13~16	7.0	4.1	209	40.5
16~20	8.1	4.2	211	41.2
21~24	8.5	4.4	212	40.8

定时采集各传感节点的水质数据，以表格的形式进行存储，直接下载历史的部分数据，如表 2 所示。

表 2 实际查询数据

时段	PH 值	总磷浓度/ (mg · L ⁻¹)	化学耗氧量/ (mg · L ⁻¹)	氨氮浓度/ (mg · L ⁻¹)
0~4	7.1	4.19	216	45.2
5~8	7.1	4.1	220	40.3
9~12	7.4	4.3	236	44.1
13~16	7.0	4.1	208	40.5
16~20	8.1	4.2	211	41.2
21~24	8.5	4.4	212	40.8

通过表 1 表 2 的对比，可见本文系统所测数据和实际查询数据相差在 1% 左右，满足实际需要。

通过 matlab 软件在线分析数据段的监测最大值、最小值、平均值、累计值，并生成曲线展现界面，如图 5 所示，在线查看水质数据变化趋势，以及单点数据。

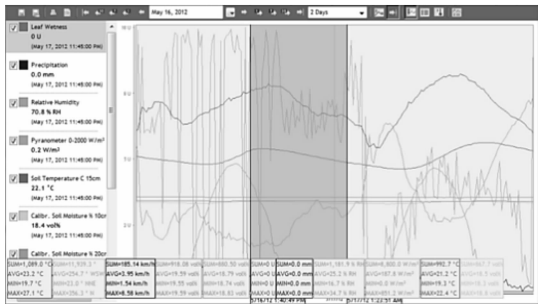


图 5 监测数据仿真曲线

在 2 M 带宽的网络条件下，使用优化的 web 网络协议对水质监测传感网络的数据传输速度进行测试，分别访问地址为 192.168.0.1~192.168.0.10 共 10 个传感器数据，通过网络测速软件获取数据传输速度，如图 6 所示。

从上图我们可以看到在网络延时小于 50 ms 的时候，传输速度可以达到网络带宽的 90% 左右，TCP 协议经过优化后，极大地减少了网络延时，提高了网络传输效率。

5 结束语

本系统是基于 web 网络优化协议的水质污染程度监测系
(下转第 2365 页)

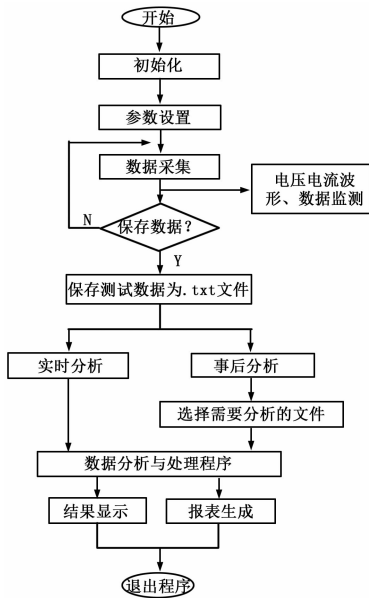


图 3 畸变测试程序流程图

按钮实现对供电系统中相关参数和波形的实时监控; 通过点击主程序界面中的“数据采集模块”按钮运行该部分程序, 并通过调用各个相应的子程序进行实时数据采集; 若要进行分析, 则可以通过点击“数据分析模块”按钮进入数据分析程序界面, 在该界面中可以选择“实时数据分析”或者“事后数据分析”, 数据分析的结果可以通过点击“报表生成模块”产生相应的测试报表; 当操作中遇到疑难问题时, 可以通过点击“系统帮助模块”按钮, 运行相关程序进行查询。经过实测数据分析, 交流电压畸变测试如图 4 所示, 测得畸变系数为 0.505。

4 结论

该畸变测试系统是针对某型无人机供电系统畸变参数测试设计并实现的, 设计过程中采用高速数据采集卡实现数据的实时采集功能, 同时根据应用场合的特点采用了便携式的硬件平台。在测试软件设计过程中采用模块化设计思想, 使得该系统具有很好地可靠性、可扩展性和维护性能。在实际测试过程中, 该畸变测试系统具有测试准确、稳定可靠、人机交互界面友好等特点, 达到了设计的要求, 满足了使用方需要。

参考文献:

- [1] 汪 洋, 张径周, 胡钢成. 航空电源地面自动测试系统的设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2006, 27 (16): 3051-3054.
- [2] 张树团, 张晓斌, 雷 涛, 等. 便携式飞机供电参数测试系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (11): 1536-1538.
- [3] 王守方, 王宏霞, 张晓斌, 等. 国外飞机供电特性标准汇编 [Z]. 西安: 西北工业大学飞机电气系统研究所, 2000.
- [4] 张树团, 鲁 芳, 李 岩. 便携式通用畸变测试系统设计与实现 [J]. 仪表技术, 2011, (8): 54-56.
- [5] 王建新, 隋美丽. LabWindows/CVI 虚拟仪器测试技术及工程应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [6] 张风均. LabWindows/CVI 开发入门和进阶 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [7] 李 华, 朱 波. LabVIEW 报表生成技术在机载电源测试系统中的应用 [J]. 电子测试, 2008, (3): 48-51.
- [8] 邹 坚, 李世平, 魏小飞. 基于 LabVIEW 的自动测试系统中的报表生成研究 [J]. 自动化仪表, 2006, 27 (11): 68-70.

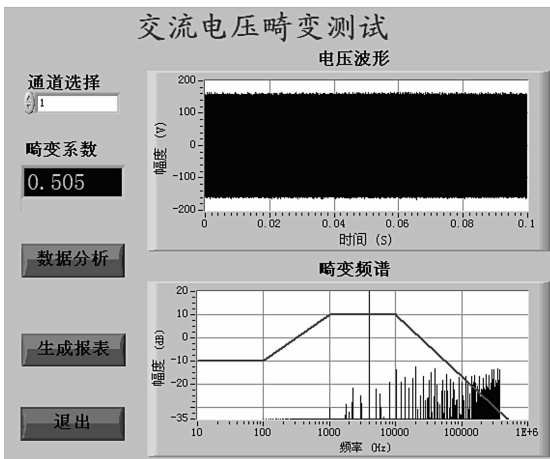


图 4 交流畸变测试图

后, 运行主程序后, 可以根据需要通过运行“系统监控模块”

(上接第 2362 页)

路由协议结合, 提高了系统通信效率, 同时实现了实时监控、历史数据的存储与查询等功能, 其易用性与可扩展性都大大提高, 且系统建设成本较低, 具有极大的推广价值。

参考文献:

- [1] 洽 国, 肖德琴, 周运华, 等. 基于无线传感器网络的水质监测系统设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2008, 29 (17): 456-459.
- [2] 王 骥, 许国保, 沈玉利. 基于无线传感器网络的海水重金属监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (4): 643-645.
- [3] 陈斯平. 基于嵌入式系统的协议栈的研究与设计 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006: 32-33.
- [4] 樊 勇. 基于 TCP/IP 协议的嵌入式网络接入技术的研究与应用 [D]. 包头: 包头钢铁学院, 2003: 57-58.
- [5] 孔邵颖, 郭宏亮. 基于可伸缩语义网络距离的 Web 多维信息识别算法 [J]. 科技通报, 2013, 4 (29): 33-35.

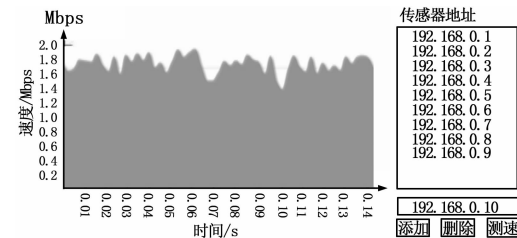


图 6 网络传输速度测试

统, 采用在水源关键位置部署无线水质传感器节点, 并在相应区域内设置监测子站对所有传感器数据进行收集, 然后通过宽带互联网将数据传送给远程监测主站的, 工作人员可通过 web 网页对实时水质污染程度进行在线监测, 使传感器节点地址与