

基于物联网技术的污水处理过程动态监控系统

束 慧

(南通职业大学, 江苏 南通 226007)

摘要: 针对污水处理过程复杂、区域广、监测点多、现场布线困难等特性, 以 CC2530 为核心设计了无线传感器节点和汇聚节点, 实现对污水处理过程中的设备状态、污水的进出口流量、PH 值、COD 等监测因子的实时采集, 以 Zigbee 技术实现各无线传感器节点之间的数据传输, 以 GPRS 技术实现汇聚节点与多平台对接; 为确保监控系统所接信号不影响原控制系统的正常运行, 特设计了高精度电流扩展模块、串口扩展模块等; 经现场长时间运行表明, 系统有很好的灵活性和扩展性, 运行稳定可靠, 通过对污水处理过程各参数的动态分析, 为提高污水处理效率和节能环保起到重要作用。

关键词: 物联网; 污水处理; 动态过程; 监控

Dynamic Monitoring System of Sewage Treatment Process Based on Internet of Things

Shu Hui

(Nantong Vocational University, Nantong 226007, China)

Abstract: For sewage treatment process is complex, wide area, more monitoring point, site wiring difficulty and so on, used CC2530 as the core to design wireless sensor nodes, aggregation nodes, realized real-time acquisition of device status, sewage flow, PH value, COD and other monitoring factors of import and export in the sewage treatment process, realized data transmission between the sensor nodes using the Zigbee wireless technologies, realized docking between gather nodes and platforms using GPRS. To ensure that the signals of monitoring system connected does not affect the normal operation of the control system, designed the high precision current extension module, serial port extension module etc. In the long running shows this system exhibits good flexibility and scalability, stable and reliable running, through the dynamic analysis of various parameters in the sewage treatment process play an important role in improving the efficiency of wastewater treatment and environmental protection.

Keywords: internet of things; sewage treatment; dynamic process; monitoring and control

0 引言

针对节能环保要求, 开发了基于物联网技术的污水处理过程的动态监控系统, 改变过去仅对污水处理过程的进、排口在线数据的实时监测, 转为对污水处理过程的出入口主要参数的深度分析, 加强对处理设施的负荷与运行状况的监控, 自动生成 COD 等主要污染物的排放总量和减排量, 并进行统计分析, 实现对污水处理的全过程实时监督管理, 避免污水处理未达标就排放的现象发生, 当污水处理设备发生异常时能得到及时发现并维护。

1 系统总结构

由于监控点多, 分布广, 而布线复杂, 纯粹采用 GPRS、CDMA 等网络又成本高, 为此在系统设计中, 选用 Zigbee 技术组建无线传感器网络, 考虑到污水处理厂的实际情况, 为避开信号传递间房屋等遮挡, 适宜采用如图 1 所示的网络拓扑结构, 具体包括若干个无线传感器节点、汇聚节点、中心平台、通信网络等^[1-2]。无线传感器节点负责对各参数的测量, 并以多跳路由的方式发送到汇聚节点, 汇聚节点负责对信息汇聚及

简单处理, 并通过 GPRS 将数据同时传送到现场、省、市等多个中心平台, 中心平台完成整个监控区域数据的综合分析处理和显示, 并通过短信等方式实现异常报警。

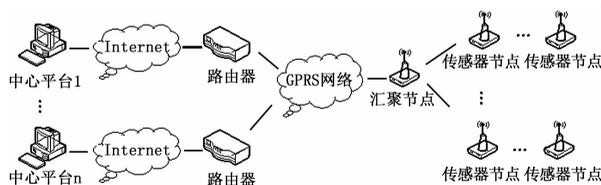


图 1 系统总结构

2 传感器节点设计与实现

在传感器节点的设计中, 综合考虑系统需求、功耗、集成度、开发难度、性价比及发送功率等, 选用 TI 公司的 CC2530 作为主芯片, 以 CC2591 作射频放大前端, 组成 Zigbee 无线网络, 实现远距离的通信。CC2530 是用于 IEEE 802.15.4、Zig-Bee 和 RF4CE 应用的一个真正的片上系统 (SoC) 解决方案, 具有行业中领先的射频 2.4 GHz 收发器, 能够以非常低的总材料成本建立强大的网络节点^[3]。CC2530 还具有增强型 8051 微控制器, 21 个通用 IO 接口, 2 个支持多种串行通信协议的 USART, 8 路输入可配置的 12 位 ADC, 并配有可编程闪存, 8-KB RAM 和许多其他强大的功能, 可很方便地与相关传感器或信号连接, 实现数据的采集。以污水分级处理工艺^[4] (如图 2) 为例, 进行动态过程监控的具体实施。

收稿日期: 2014-01-26; 修回日期: 2014-04-08。

基金项目: 江苏省高校科研成果产业化项目 (JHB2012-71); 南通市科技项目 (BK2013039)。

作者简介: 束 慧 (1969-), 女, 江苏南通人, 副教授, 工学硕士, 主要从事智能控制方向教学与研究。

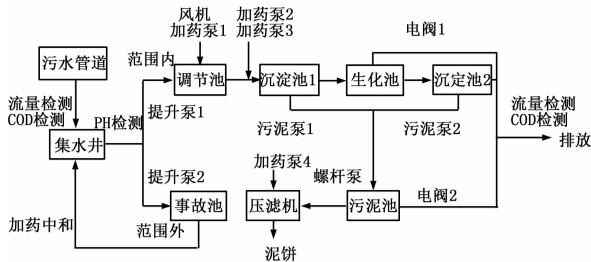


图 2 污水分级处理工艺

在污水处理过程中，对诸如风机、加药泵的运行情况检测，可以通过电流、电压进行判断，为此采用电流、电压互感器进行耦合^[5]（如图 3 所示），与 CC2530 的 AD 口进行连接，对于开关量信号的采集，直接通过继电器触点在光电耦合后与 CC2530 连接。

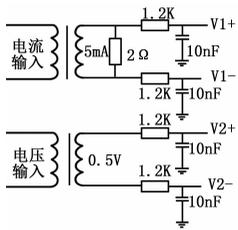
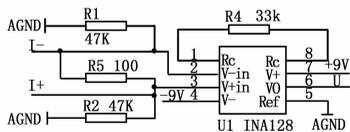


图 3 电流电压采样输入电路

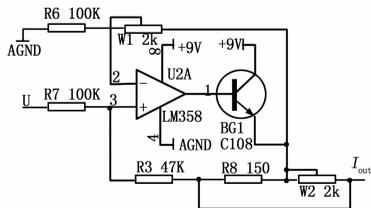
而现场如流量、COD 等一次仪表的输出信号，有的是 4~20 mA 标准电流信号，有的是通过串口发送出来的数字信号，而这些仪表大多只提供 1 路输出，由于这些信号已连接到污水处理系统中，而这信号又是动态过程监控中不可缺少的，那么如何实现采集呢？

为解决这一问题，特设计了 1 扩 2 的输出模块，将原来的 1 路电流信号扩展为 2 路，1 路串口信号扩展为 2 路。然后分别与原控制系统和过程动态监控系统连接，满足了系统的要求。

在电流扩展电路中，为了确保高输入阻抗，电流输出负载能力强，精度高，为此采用如图 4 所示的扩展电路。



(a) 电流转电压电路



(b) 电压转电流电路

图 4 电流扩展电路图

通过图 4 (a) 电流信号经精度 0.1% 的 100 Ω 电阻转为电压信号，再经过仪表放大器转为电压 U ，图 4 (b) 将电压 U 转电流 I_{out} 输出，若需多路，只需将 U 电压连接到多路，如图 4 (b) 电路。其中， $W1$ 用来调电流输出带负载能力， $W2$ 用来调试电流输出精度。经测试，该电路带负载能力达到 1 kΩ

以上，具有很好的适用性。

表 1 电流输出测试表

负载/Ω	电流/mA		
0	3.99	12.01	19.99
500	4.01	12.01	19.98
1 K	4.02	12.00	19.97

为了实现串口实时扩展，选用 1 片带多串口的芯片 STM32F103VE6，其中 1 个串口与现场一次仪表进行对接，其余串口作为输出，便实现了 1 扩 2 的功能。

传感器节点具体的软件设计包括：初始化（端口初始化、定时器初始化、传感器模块等初始化）、定时采集数据、存储、发送以及电压检测等，其流程如图 5 所示。

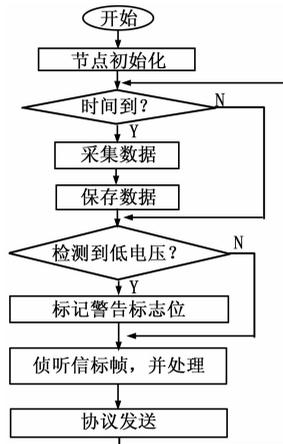


图 5 传感器节点程序流程图

3 汇聚节点设计与实现

3.1 硬件设计

汇聚节点在传感器节点和平台之间起到承上启下的作用，由于功能多，特增加多功能芯片 STM32F103VE6 当 CPU，其硬件结构如图 6 所示。

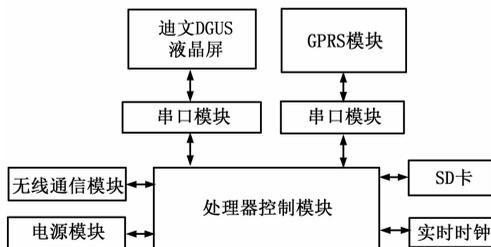


图 6 汇聚节点硬件结构图

其中：GPRS 通信模块将汇聚节点获得的数据同时传输给多个监控中心，杜绝数据人为处理，以便更有效地执法；实时时钟采用高精度时钟芯片 SD2058；汇聚节点的存储模块采用 SD 卡，其存储量大，而且经济实惠；汇聚节点上提供了多个标准的 RS232 串口模块，主要用于连接 GPRS 模块、具有触摸功能的迪文 DGUS 液晶屏以及由 CC2530 和 CC2591 组成的 Zigbee 通信模块。汇聚节点的供电由市电 220 V 转换为 DC12 V，再经 TD1507，LM1117 转换为 DC5 V 和 DC3.3 V 供各个模块使用。

3.2 软件设计

汇聚节点的主控流程如图 7 所示。主要实现按协议周期性

地进行数据的发送和接收。若接收到的数据符合协议要求，则将该数据保存在 SD 卡中，同时上传给中心平台，否则丢弃该数据，进入下一个周期。在整个过程中，还包括历史数据的查询处理等。

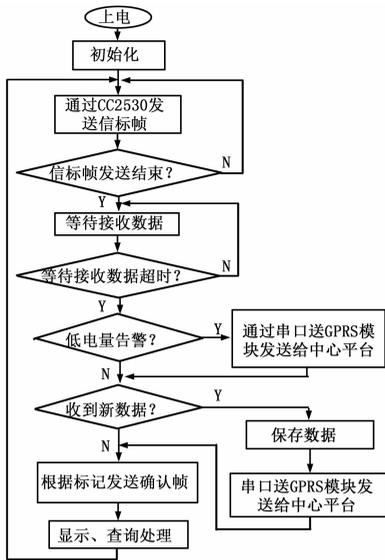


图 7 汇聚节点主控流程图

3.3 通信协议

汇聚节点与中心平台之间的通讯采用国标《HJ/T212 污染源在线自动监控（监测）系统数据传输标准》和国标《HJ 477-2009 污染源在线自动监控（监测）数据采集传输仪技术要求》，便于建立省市统一的监控系统，有利于系统扩展。

而现场的无线传感器网络采用单跳网络方式，为满足低功耗和高可靠性的要求，采用了基于发送信标帧的通信协议。协议规定了两种帧格式：信标帧和数据帧^[6]。

3.3.1 信标帧

信标帧包括前导码 (0xfe)、信标帧识别标志码 (0xa1)、信标帧序号 (0~255)、异或校验码。定义如下：

前导码	识别标志	信标帧序号	校验码
0xfe	0xa1		

每信标帧有 4 字节。前导用于收发双方同步，信标帧标志用于和数据帧区别，信标帧序号标识先后发送的不同信标帧，其有效范围为 0~255，校验码保证数据正确。

3.3.2 数据帧

数据帧格式为：前导码 (0xfe)、数据帧识别标志 (0xb1)、节点地址 (1 字节)、参数个数 (1 字节)、参数 1 代码 (1 字节)、参数 1 数据 (2 字节)、…、参数 n 代码 (1 字节)、参数 n 数据 (2 字节)、异或校验码。

为提高传感器节点的利用率，每个节点可以采集多个参数，这样可以将这些节点的数据同时汇总和发送，节点地址标识不同传感器终端，参数 n 数据表示第 n 个参数经过转换的传感器数据。

汇聚节点与传感器节点之间的通讯，由汇聚节点先发送信标帧，然后等待接收数据帧。传感器节点在接收到信标帧后，如果有数据发送，在退避一个固定时间后将数据发送出去，各传感器节点的退避时间不一样，则很好地避免了数据碰撞。

4 中心平台核心技术

中心平台负责与各污水处理动态过程监控系统（简称现场端）之间通过 GPRS 进行连接，并对接收到的数据进行分析处理，而在中心平台侧，尤其省级平台，要实现与众多现场端数据的并发接收处理，采用网络套接字 (Socket) 技术^[7]实现是很好的选择，具体步骤为：

- 1) 由中心平台服务器创建套接字 (Socket) 后，指定监听的端口来等待现场端，绑定端口号。
- 2) 服务器处于监听状态，等待现场端连接指定端口。
- 3) 现场端通过 GPRS 连接服务器指定的端口。
- 4) 服务器接收到现场端的连接请求后，调用 Accept 函数来建立与现场端间的通信。
- 5) 在成功建立通信后，通过 Read 函数或 Write 函数进行通信。

在这个过程中，会因网络等问题使一些进程等待，当超过一定数量时，会使整个系统瘫痪，为此在设计时当等待的进程超过一定数量时（如 100 个），务必注意释放被阻塞的所有进程，重新创建 Socket。

5 试验结果与分析

以系统采集的分钟数据为例，通过平台获得的 1 个月数据按 10 天的分钟数据进行统计分析，结果如表 2 所示。

表 2 数据自动上传率

分钟数据应收	分钟数据实收	丢包率/(%)
14 400	14 372	2.0
14 400	14 377	1.6
14 400	14 374	1.8

从运行结果可见，节点自动发送数据时丢码率小于 0.2%，而本系统又在平台和汇聚节点、汇聚节点及传感器节点间增加了补发机制，当漏收数据时，要求进行补发，确保分钟数据接收率达到 99.95% 以上，同时传感器节点的采集误差小于 0.1%，很好地满足了系统要求。

6 结束语

本系统针对分布范围广、布局复杂的污水处理控制系统，利用物联网技术实现对其动态过程监控，并实现了无线远程多级管理，通过实际运行，性能稳定、可靠、实施方便，具有很好的灵活性和扩展性。该技术可推广到烟气脱硫脱硝等系统的动态过程监控中，为环保物联网的建立奠定基础。

参考文献：

- [1] 柳平增, 毕树生, 等. 基于物联网的农业生产过程智能控制系统研究 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (9): 2154-2156.
- [2] Atzori L, Iera A, Morabito G. The internet of things: a survey [EB/OL]. Computer Network, (2010), doi: 10. 1016/j. comnet. 2010. 05. 010.
- [3] TI Corporation, CC2530 Data Sheet [Z]. 2009.
- [4] 熊茂华, 熊 昕. 物联网技术与应用开发 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2012.
- [5] 束 慧, 陈卫兵. 基于 ARM 和 ATT7022C 的电能质量监测终端的设计 [J]. 制造业自动化, 2012, 34 (8): 34-35.
- [6] 陈卫兵, 郑玉丽. 水情无线传感器网络汇聚节点的设计与实现 [J]. 节水灌溉, 2010, (9): 78-80.
- [7] 欧 军, 吴清秀, 等. 基于 socket 的网络通信技术研究 [J]. 网络安全技术与应用, 2011, (7): 19-20.