

# 基于无线传感网络和 GPRS 的水位无线监测系统

陈 波, 徐伟强

(浙江理工大学信息学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 传统水位监测需要人工测量, 存在测量不方便、不迅速, 数据又难以统计等诸多问题。系统采用 SI1000 控制器作为无线传感网络的终端节点, 处理水位传感器采集到的数据, 数据通过 EZMAC 协议实现无线传输给中心节点, 中心节点将数据打包并通过 GPRS 远程传输, 监控中心实现了多点水位的实时监测、报警、数据存储、地图显示等功能。实验证明系统监测分布位置广、精度高、传输距离远、能实时监控水位信息等特点。

**关键词:** 无线传感网络; GPRS; 水位监测; 无线传输; 上位机

**中图分类号:** TP399

**文献标志码:** A

## 0 引 言

随着经济快速发展, 传统水位监测手段已经不能满足人们要知道实时水位信息的需求。在水位动态监测方面, 我国在“十五”期间自主研制了地下水动态监测仪器 WS-1040, 该仪器目前已经在国内 16 个省市中应用。WS-1040 主要是由压力/温度复合式测量探头, 将水压信号和水温信号转变为电信号, 通过电缆与主机相连, 主机采用单片机控制, 可以定期通过数据接口将数据调入计算机中<sup>[1]</sup>。目前水位监测尚未完全实现自动化采集, 部分环境恶劣地区还存在着无法采用传统人工测量方法监测水位信息, 这一方面给水资源的优化配置带来了难题, 另一方面由于不能及时的预警洪水等自然灾害, 给人民群众的生命和财产造成巨大的损失。因此本文研究设计一种水位无线监测系统, 能对水资源的优化配置提供精确的数据支持, 并且对一定区域内的水位信息实现实时监控、历史数据查询等, 尤其是针对突发水灾有预警功能, 使管理人员能够及时做出处理,

能够有效降低突发自然灾害对于人民财产所带来的损失。

## 1 系统方案设计

水位无线监测系统主要由 5 部分组成: 水位量模块、水位终端节点模块、水位中心节点模块、GPRS 模块、远程监控中心。

静压液位传感器通过测量水位产生的静压力来确定液位高度, 将压力转换成电压信号, 通过 A/D 转换后将模拟信号转换为数字信号传输给 SI1000 终端节点进行分析和处理。终端节点将处理后的数据通过 SI4432 无线模块发送给 SI1000 中心节点。中心节点按照通信协议将数据打包后发送给 GPRS 模块, GPRS 通过配置 COMWAY 协议与远程监控中心通信, 监控中心解析数据包中的信息, 从而实现水位数据的远程传输。当水位高度超过警戒水位时, 监控中心软件实现报警功能。水位无线监测系统总体结构如图 1 所示。

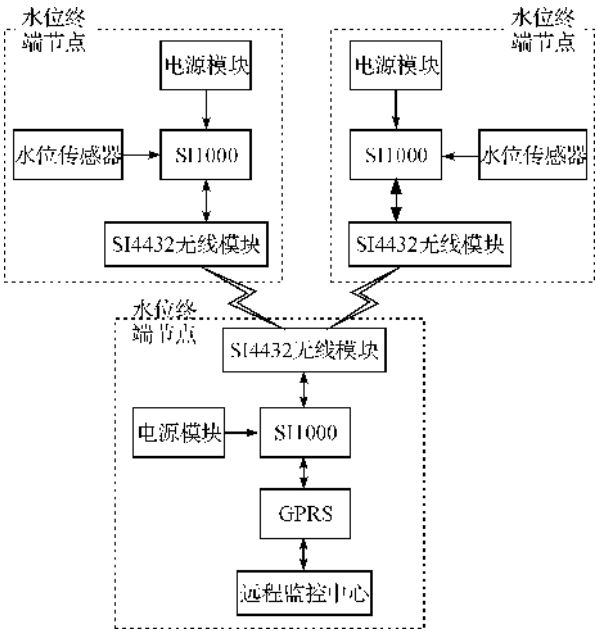


图 1 水位无线监测系统总体结构

2 水位终端节点设计

水位终端节点设计是整个系统的基础。它主要由静态液压传感器,24VDC 电源,SI1000 节点,220VAC 转 3.3VDC 电源,SI4432 无线模块,定时器模块,存储器模块以及串口模块等构成。具体的水位终端节点如图 2 所示。

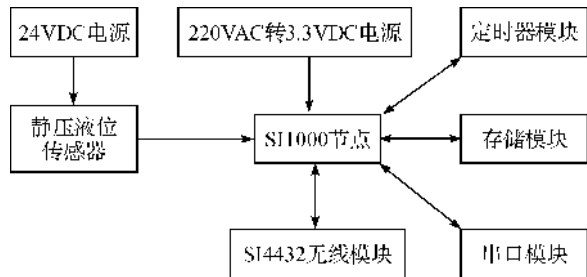


图 2 水位终端节点设计

水位终端节点使用 SI1000 作为处理器,通过静压液位传感器将水位信号转换为电信号,通过 AD 采集模拟信号转换为数字信号交给 SI1000 控制器。控制器负责处理水位数据,通过 SI4432 进行网络传输。定时器模块主要负责 AD 采样频率控制以及定时将 SI1000 节点从低功耗状态中唤醒。串口模块主要负责平时现场调试与观察。

2.1 静压液位传感器

静压液位传感器又叫做投入式液位变送器。它采用压阻式压力传感器作为测量元件,经过高可靠性的放大处理电路及精密温度补偿,将被测介质的表面压力转换为标准的电压或电流信号。它采用先

进电路处理技术,性能稳定,灵敏度高,激光调阻温度补偿,范围宽,抗腐蚀,适于多种介质。它主要应用在工业现场液位测量与控制、城市供水及污水处理、石油、化工、电厂、水文监测、水库、大坝等液位的测量与控制。

该传感器最高可测量 200 m 水深,准确度在 0.2%FS,供电电源 24VDC,输出信号 0~5 V,电压与水深呈线性关系。使用安装方便,直接投入水中即可。

静压液位传感器的电路较简单。与其相连的具体只有 3 根线,1 根 24VDC 电源线,1 根 GND 线,还有一根信号输出线,用来连接 SI1000 节点的 AD 模块输入口。由于液位深度和信号输出呈现线性关系,故液位高度就是模拟信号的电压值。精度由于传感器自身原因在 0.2%FS 区间,而 AD 模块采用的是 10 位逐次逼近寄存器,也就是说它可以精确到  $V_{REF}/1024=3.3\text{ V}/1\text{ }024=3.2\text{ mV}$ ,转换成高度为 3.2 mm。

2.2 静态液位传感器实验及分析

本文实验中,在敞口容器中加入一定量的水,静态液压传感器投放在容器中,将测得的数据通过串口在电脑中显示出来,然后过段时间往水桶中加水,再次测量数据。具体装置使用如图 3 所示,测量结果见表 1 所示。

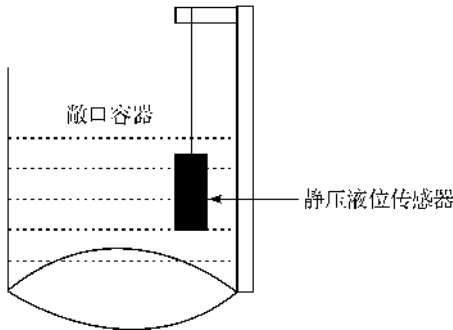


图 3 静态液位传感器测量水位示意

表 1 测量水位结果

实际值/cm	测量值/cm
10	10
11	11
12	12
13	13
14	13
15	15
16	15
17	16

从表1中可以看出,静态液位传感器测量的水位误差在1 cm之内,能够满足水位测量的精度需求。

### 2.3 SI1000 控制器

SI1000 是 Silicon Labs 公司生产的集成了 MCU(C8051F930)和 RF(SI4432)的射频控制芯片<sup>[2]</sup>。它能在超低电压 0.9 V 下工作,同时它采用流水线结构,大大缩短了指令的执行周期,而且片内还集成了数据采集和控制系统中常用的模拟部件和数字外设。MCU 中的外设包括可编程增益放大器、A/D 转换器、D/A 转换器、UART、定时器等。该 MCU 有一个特点就是系统可以自由分配 I/O 口

功能,利用交叉开关来控制数字功能的引脚分配,定义引脚功能,方便用户配置端口。SI4432 理论上具有超远的传输距离 2 km,通讯频段在 433 MHz。在使用 SI4432 收发器时候,TX 和 RX 引脚可以直接相连。它在使用最高输出功率时候,要使用无线 RF 开关芯片分别连接到天线。SI4432 还具有内置天线分集支持,在数据包开始接收的时候,芯片对两个天线的接收信号强度进行评估,并使用较强的一个来接收数据包的剩余部分,这样大大提高了接收器的性能。因此,它性价比极高,用来组建星形网络非常合适。SI1000 电路硬件设计部分如图4所示。

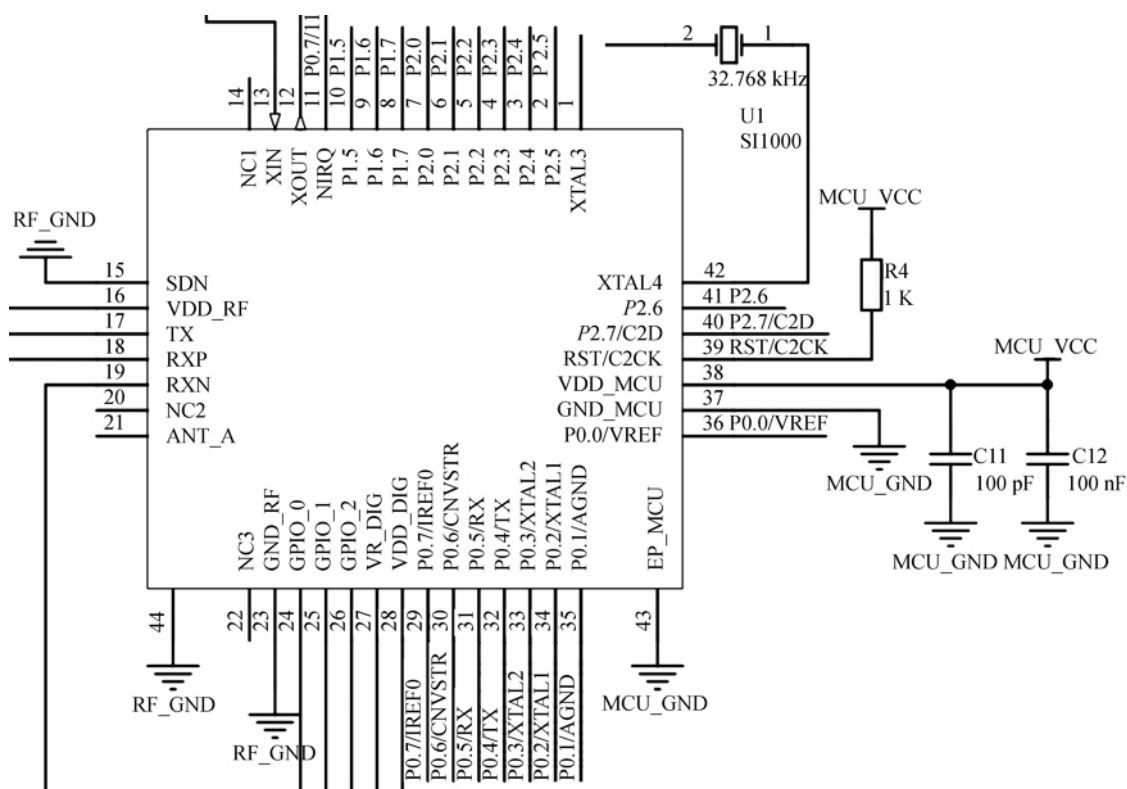


图4 SI1000 硬件部分电路

图4中,MCU 通过 GPIO\_0,GPIO\_1,GPIO\_2 这3个内部引脚实现 SPI 协议来控制射频芯片 SI4432。32.768 kHz 的 RC 振荡器用于定时唤醒 MCU,这样就能在低功耗模式下唤醒 MCU。

### 2.4 220VAC 转 3.3VDC 电路

由于 SI1000 的工作电压要求 3.3VDC,故设计该电源模块。如下图5所示。

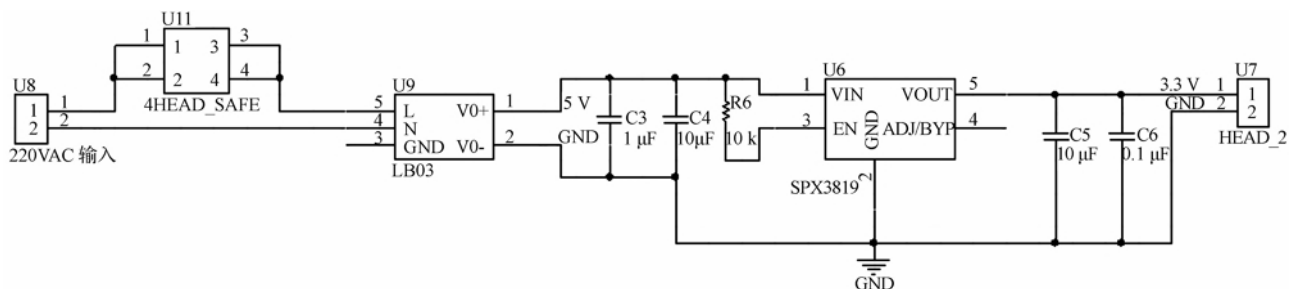


图5 220VAC 转 3.3VDC 电源模块

电源转换电路主要包括 LB03,SPX3819 等。其中 LB03 是金升阳公司提供的电源模块,主要功能是将 220VAC 转换为 5VDC,同时具有低纹波、低噪声、效率高、过载保护等优点。SPX3819 在本电路的主要功能是将 5VDC 转换成 3.3VDC。本电路加上 10  $\mu$ F 电容是用于低频滤波,0.1  $\mu$ F 电容用于滤除高频脉冲。

### 2.5 水位终端节点软件设计

水位终端节点软件设计利用静压液位传感器输出的模拟信号进行 A/D 采集,同时开启 ADC 中断,将采集到的数据进行加工处理。如果采用 10 bit 的 ADC 转换,具体换算公式  $measurement(MV) = \frac{Vref(MV)}{2^{10}-1} * result$ 。水位终端节点负责将数据处理,包括添加 CRC 校验、帧头、节点编号等信息,将封装处理后的数据发送给水位中心节点。水位终端节点软件流程如图 6 所示。

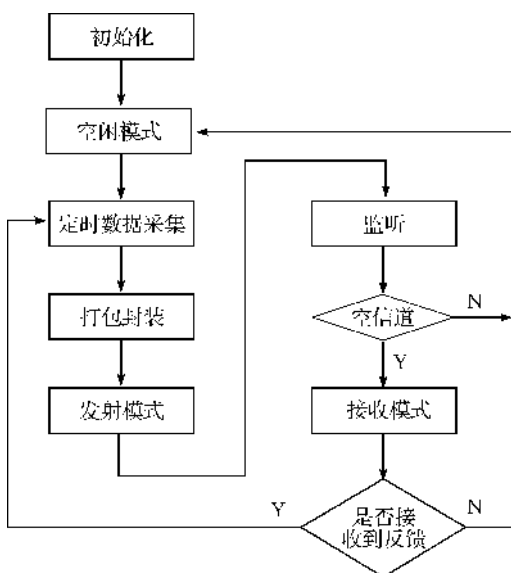


图 6 水位终端节点软件流程

## 3 水位中心节点设计

水位中心节点设计包括 SI1000 控制器、串口电路、GPRS 模块、电源模块、存储模块以及定时器模块等。水位中心节点具体设计如图 7 所示。

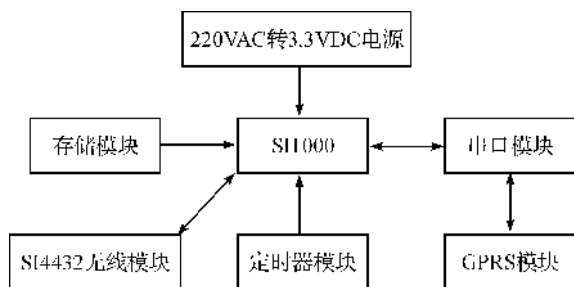


图 7 水位中心节点设计

水位中心节点中使用 SI1000 作为处理器,利用 SPI 协议从 SI4432 无线模块中读取水位数据,将水位数据集中处理过后,通过串口模块传输给 GPRS 模块,实现数据的远程传输,远程监控中心读取数据实时显示出来。

### 3.1 EZMAC 协议

EZMAC 是适用于嵌入式系统无线 MCU 的无线通信软件。它是基于 C 语言的 MAC 层协议,可以和第三方 MCU 建立低功耗的无线传感网络<sup>[3]</sup>。EZMAC 通过两个中断来实现状态机的转移。简化状态机示意图如图 8 所示。初始化过后,状态机处于睡眠模式下。在该模式下,RF 硬件电路完全关闭。通过发送唤醒命令后,状态机切换到空闲模式。在该模式下等待其他命令。当发送命令被发送后,状态机进入接收模式,载波侦听每个发送数据包。当发送数据完之后,状态机自动返回空闲模式<sup>[4]</sup>。

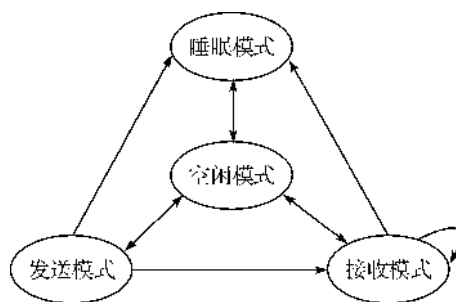


图 8 简化状态机框示意

### 3.2 串口模块电路

由于 GPRS 接口是采用 RS232 串口,为了实现 SI1000 与 GPRS 通信,必须将 SI1000 的 UART 接口 TTL 电平转换成 RS232 电平。本系统中采用 MAX232 作为电平转换芯片,硬件电路如图 9 所示。

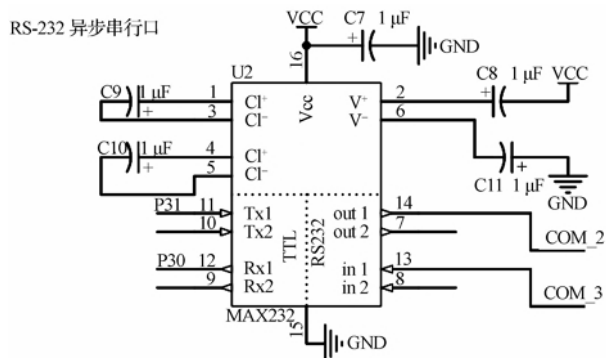


图 9 电平转换电路

该电路中 MAX232 是专为通信接口设计的,特别适用于低功耗供电系统,速率高达 1 Mbps,利用 4 个 1  $\mu$ F 电容即可实现,电路简单,成本较低。

### 3.3 GPRS 模块

GPRS 是一种基于 GSM 系统的无线分组交换技术,具有连接速度快、传输速率高,能够实时在线,流量计费等特点。系统采用的是北京天同诚业科技有限公司的一款 WG-8010 GPRS,该 GPRS 采用的是标准的 RS232 串行通信接口,经 GPRS 网络与能联网的 PC 连接。COMWAY 无线串口软件能与

GPRS 配合使用,从而建立远程串口设备和用户计算机之间的无线通信信道,该无线通信信道是基于 COMWAY Data-Server 集群服务器系统,无需公网配置 IP 地址和网络端口映射和动态域名,等于拥有无限延长的串口线,实现用户现场设备和计算机中应用程序之间的无线对接,只需要专注于应用系统的搭建<sup>[5]</sup>。GPRS 示意图如下图 10 所示。

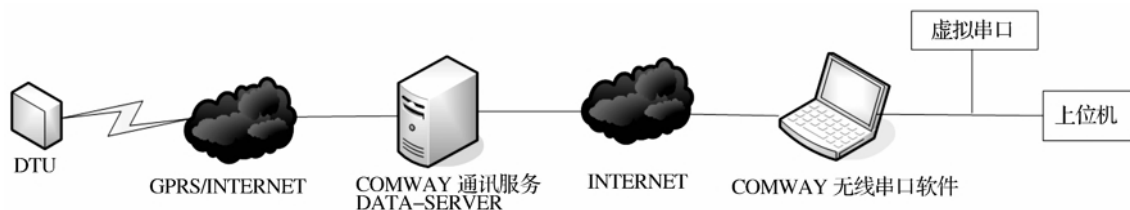


图 10 GPRS 示意

### 3.4 水位中心节点软件设计

水位中心节点接收来自水位终端节点传来的应答信号,连接成功后水位中心节点进入空闲模式,读出发送节点 ID 和数据包,同时水位中心节点要负责将水位数据通过 RS232 传输给 GPRS 模块,节点状态再重新进入接收模式。水位中心节点程序流程如图 11 所示。

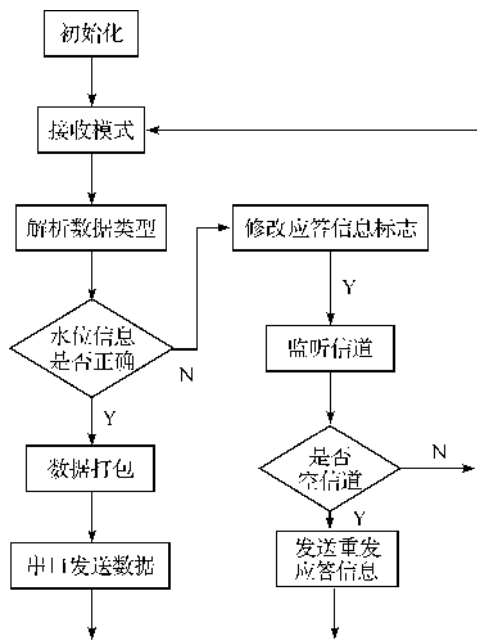


图 11 水位中心节点软件流程

### 3.5 通信用户层协议

数据发送方和数据接收方需要按照约定的用户层协议发送格式,这样方便程序开发,同时也可以隐藏一些不必要显示的信息。用户层协议具体定义见表 2,该定长数据包包含了包头、地址、数据、校验信息。

表 2 用户层协议

字段	字节数	描述
帧头	1	0×36,表明帧的开始
地址	1	0×02—0×fd,节点可变信息标志地址
帧数据	2	表明水位高度信息
帧校验	2	用于接收方判断接收帧的是否出错
帧尾	1	0×37,表明帧的结束

该协议中需要特别注意的是在帧数据或帧校验中如果出现某个字节等于帧头或者帧尾,则将此帧转化为两个字节,其中一个字节为 0×1a,另一个字节为该帧减去 0×1a,例如 0×36 转化为 0×1a,0×1c。

## 4 远程监控中心软件设计

远程监控中心软件是整个系统的核心组成部分,它主要负责监控和管理整个无线监测系统。在本系统中,监控中心主要通过接收和发送串口数据来实现与 GPRS 模块之间的通信。监控中心主要实现以下功能:

a) 通过 GPRS 接收或发送数据。

b) 解析接收到的水位数据,将水位信息在水位变化曲线图中显示出来。

c) 可以设置警戒水位值,当水位超过警戒水位时,左侧的状态灯就会闪烁报警。

d) 可以在地图中显示水位节点的分布情况。

e) 显示当天的最高水位值。

f) 监控中心软件通过 ODBC 连接 ACCESS 数据库实时存储当前时间和数据。

g) 可以实现多个对象的监控和实时显示。

监控中心软件流程如图 12 所示。

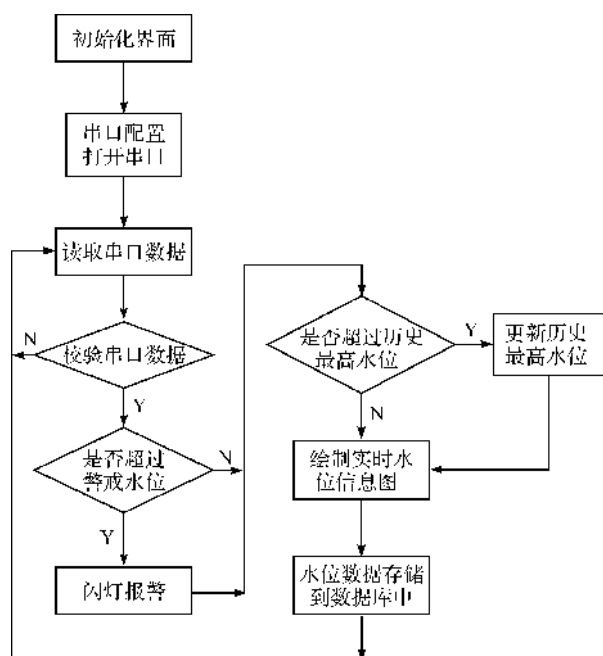


图 12 监控中心流程

监控中心软件程序设计主要包括 UI 界面模块、串口模块、数据库模块、实时界面显示模块、地图显示模块、水位数据处理模块以及警戒水位警报模块。

远程监控中心软件使用的是 VC++6.0 语言编写,利用微软提供的串口编程控件 MSComm,为应用程序提供了通过串行接口收发数据的简便方法<sup>[6]</sup>,它提供了标准通信命令接口,允许与其他设备建立串口连接。在初始化串口时,需要配置其波特率、端口号、输入进位方式、缓冲区大小等等。在串口消息处理函数中,先读接收缓冲区中的数据,并对其进行CRC校验,校验正确后,判断数据是否超过

警戒水位,若超过则水位状态的灯变亮报警。若超过历史最高水位,则更新历史最高水位,同时将数据添加到数据库中,并在绘图区绘制出实时水位信息。

## 5 结 语

系统结合了无线传感网络和 GPRS 两种无线通信手段,具有灵活组网、节约成本、降低功耗、反应迅速、稳定可靠、易于维护等优点。系统为水资源优化配置提供了可靠、实时、精确的数据,管理人员能够第一时间了解到水位变化情况,及时做出防范措施来降低损失,同时也解决了恶劣环境下人员难以到达地区的水位监测问题,具有很广阔的市场前景<sup>[7]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 张 磊. 地下水动态自动监测仪的研制[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [2] 包海涛. 超低压 SoC 处理器 C8051F9xx 应用解析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010: 14-15.
- [3] 天同诚业. Comway 无线串口配合组态软件的应用[EB/OL]. [2013-03-14]. <http://www.ekom.cn/article-2191.html>.
- [4] 刘希若, 罗志祥. EZMac 协议原理与应用[J]. 计算机与数字工程, 2008 (7): 98-99.
- [5] 刘希若. 基于 IA4420 的 EZMac 协议研究与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- [6] 龚建伟, 熊光明. Visual C++/Turbo C 串口通信编程实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 10-13.
- [7] 王晓亮, 容 会, 王 敏. 基于 WSN 和 GPRS 融合的大盈江水系河流生态流量监测系统研究[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2013, 29(3): 25-30.

# Wireless Water Level Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks and GPRS

CHEN Bo, XU Wei-qiang

(School of Information Science and Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** The traditional water level monitoring requires manual measurement, so there are some problems such as measure inconvenience, time-consuming and data statistics difficulty. The microcontroller SI1000 as terminal node of wireless sensor networks is used to process the data from water level sensor. The data achieves wireless transmission to the central node via EZMAC protocol. The central node packs the data and transmits the data remotely via GPRS. The monitoring center achieves real-time monitoring of multiple water levels, alarm, data storage, map display and other functions. The experiment shows that the system has many characteristics such as wide monitoring distribution positions, high accuracy, far transmission distance, and real-time monitoring of water level information.

**Key words:** wireless sensor networks; GPRS; water level monitoring; wireless transmission; upper computer

(责任编辑: 陈和榜)