

# 基于 GIS 的土壤墒情监测系统

王 柯<sup>1</sup>, 张继荣<sup>1</sup>, 吴晶晶<sup>2</sup>

(1. 西安邮电大学 通信与信息工程学院, 西安 710121; 2. 西安邮电大学 电子工程学院, 西安 710121)

**摘要:** 为了高效、直观地查看土壤的墒情以对土壤进行合理的灌溉, 研究分析了目前农业信息化的发展历程, 设计开发了土壤墒情监测系统; 该系统基于 Browser/Server (B/S) 模式, 用基于 ARM9 的水分采集器作为数据采集模块, 基于 XAMPP (Apache+MySQL+PHP+PERL) 软件集成包设计开发了监测中心模块, GSM 网络作为数据传输方式; 采集到的水分数据通过 GSM 网络传输到监测中心 mysql 数据库中, 监测中心对数据进行处理, 将处理后的数据直观的显示在 Geographic Information System (GIS) 上, 监测人员根据 GIS 地图各个市、区县显示的颜色判断干旱程度, 并发布预警信息; 实验数据表明, 该系统能够稳定采集土壤水分数据并传输到数据库中再显示在 web 页面, 相比 Client/Server (C/S) 模式简化了系统的开发、维护和使用, 降低了成本, 解决了传统的实地查看土壤墒情的费时费力。

**关键词:** 地图; 监测; 全球移动通信系统; GPRS 模块

## A Soil Moisture Monitoring System Based on GIS

Wang Ke<sup>1</sup>, Zhang Jirong<sup>1</sup>, Wu JingJing<sup>2</sup>

(1. School of Communication and Information Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China;

2. School of Electronic Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China;)

**Abstract:** In order to efficiently and intuitively view soil moisture, the research analyzed the development of current agricultural information, designed and developed a soil moisture monitoring system. Based on Browser/Server (B/S) mode, using water-based ARM9 collector as a data acquisition module. Based on XAMPP (Apache+MySQL+PHP+PERL) software package, the system designed and developed an integrated monitoring center module, GSM network as data transimission. The collected water data was transmitted to the monitoring center Mysql database through GSM network. Then, the monitoring center processed the data and make the processed data display in Geographic Information System (GIS). According to the color displayed in the map of each city, monitoring officer determined the extent of the drought, so as to send warning messages. The experimental data showed that the system can collect soil moisture data stably, transmit it to database and display it on the web page. Compared to Client/Server (C/S) mode, it simplified the development, maintance and use of system, reduced the cost, solved the problem of time and effort consuming in tranditional field view of soil moisture.

**Keywords:** GIS; monitor; GSM; SIM30

## 0 引言

近年来, 随着智慧农业、精准农业的发展, 智能感知芯片、远程控制系统等物联网技术在现代农业中的应用逐步拓宽<sup>[1]</sup>。在监视农作物灌溉情况、土壤空气变化以及大面积的地表检测, 收集温度、湿度、风力、大气、降雨量, 有关土地的湿度、土壤氮磷钾含量和 pH 值大小等方面的数据, 物联网技术正在精准农业的发展过程中发挥着越来越重要的作用<sup>[1]</sup>。本文基于百度地图 Geographic Information System (GIS) 进行二次开发, 开发出一个将不同区域的土壤墒情显示在 WEB 页面上的 B/S 系统上, 方便监管人员对土壤情况的监测。

## 1 系统框架模型

土壤墒情信息采集系统与远程监测系统是由数据采集模块、传输模块和远程监控计算机组成。数据采集模块包括 TDR-3 型土壤水分传感器、基于 51 单片机的数据采集器, 基于 SIM300 的数据接收器<sup>[2]</sup>。安置在不同区域的水分传感器将采集到的数据通过 GSM 网络传输给监控计算机存入数据库, 数据进行处理后显示在 GIS 地图上,

直观监测不同区域的土壤墒情。图 1 是系统框架图。

## 2 模块设计

### 2.1 数据采集模块

#### 2.1.1 功能描述

数据采集模块包括 TDR-3 型土壤水分传感器、基于 51 单片机的数据采集器, 和基于 ARM9 的嵌入式数据传输模块<sup>[2]</sup>。通过建立一套完整的的嵌入式数据采集和监控设备, 对土壤水分数据进行采集, 然后通过 GSM 网络传输方式进行远程数据传输。

同时也可以通过短信模块将信息发送给移动终端, 在此程

收稿日期: 2015-11-14; 修回日期: 2015-12-07。

**作者简介:** 王 柯(1991-), 男, 陕西咸阳市人, 硕士研究生, 主要从事物联网应用的方向的研究。

张继荣(1963-), 女, 陕西西安人, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事现代通信网方向的研究。

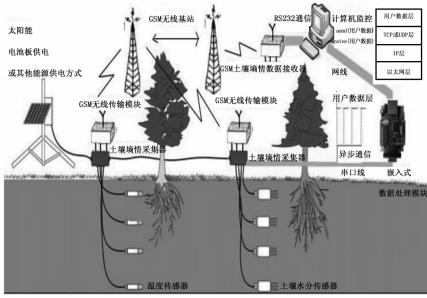


图 1 系统框架图

度上可以分散布设系统监测点, 实时数据采集与监测。在各监测点配备太阳能供电, 减少耗电量。传感器的数量也可以根据用户项目的不同需求进行调整, 灵活性高, 适应性强。

2.1.2 硬件设计

TDR-3 型土壤水分传感器:

主要特点: 测量精度高, 响应速度快, 土质影响较小, 应用地区广泛, 密封性好, 可长期埋入土壤中使用, 且不受腐蚀, 价格廉价<sup>[3]</sup>。

性能指标: 精确测量土壤含水率, 其单位为: % (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), 测量精度为: +2% (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)。

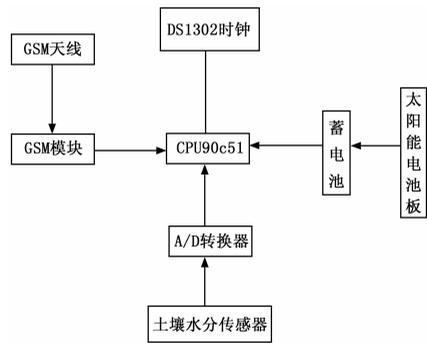


图 2 采集器结构图

土壤墒情采集器模块 1: 主要由 stc90c51 单片机微控制器, SIM300GSM 短信模块, LCD 液晶显示屏、ds1302 时钟芯片、AD 转换模块<sup>[4]</sup>、串口通信模块、太阳能电源电路等及部分组成。图 2 为采集器硬件结构图。上位机 ARM9 核心处理器主要通过 RS232 通信将多个单片机的数据进行集体整合<sup>[2]</sup>, 然后通过 SIM300 与 UDP 协议发送至移动终端和互联网, 并且可以拓展视频监控。实现数据的双备份, 保证了数据的时效性和准确性。

1) 89c51 单片机是一种适合高集成度、低成本, 可以满足多方面性能要求的微控制器。自身带有一个 RS232 串口, 能够满足仪表的要求, 大幅减少外围电路的设计<sup>[4]</sup>。成为采集器的核心部分。

2) GSM 模块选用 SIM300 模块, 该模块集成了完整的射频电路和 GSM 的基带处理器。模块的数据通信接口为标准的 9 线 UART 串口, 波特率为 300~115 200 b/s。采集仪主要利用 GSM 模块的 AT 指令对土壤墒情信息以短消息的形式进行发送和接收<sup>[4]</sup>。

3) 时钟芯片采用 DS1302, 它是 CMOS 实时时钟/日历芯片, 可以产生秒、分、时、星期、日、年等 7 个时标, 系统通过编程读取和修改这些时标, 用于获取土壤的水分时间信息并且以详细的时间格式传输给用户终端<sup>[4]</sup>, 以使用户终端识别和存储。

4) 采集器的显示通过 12864LCD 液晶图像显示控制器完成, 实现对数据的显示, 已经功能菜单的操作。

2.2 数据传输模块

服务器端电话号码固定, 通过电话号码来定位采集器的具体位置。

土壤墒情采集器利用单片机 c 语言开发。负责对土壤墒情的数据, 时间信息的采集和保存以及无线通讯工作。

1) AT 指令:

SIM300 短信模块提供标准的 AT 命令进行短信收发及其控制。AT 指令集通常由一个特定的“指令前缀”开始, 以回车<CR>“指令结束标志”结束<sup>[4]</sup>。常用的 AT 指令如:

(1) 设置短信提示功能输入指令: AT+CNMI=2, 1 再按 ENTER 键; 指令功能: 短信提示, 状态有 OK 回复。再输入: AT+CMGF=1, 按 ENTER 键; 功能是: 英文方式发送, 状态有 OK 回复。然后向 SIM 卡发送一条英文短信, 收到+CMTI:” SM”, 1, 表示有短信到达, 存在 SIM 卡的第一个位置。

(2) 读取短信输入 AT+CMGR=5 再按 ENTER 键, 其功能是: 读取指定“5”里的内容, 回复短信报文。

短信格式有文本 (TEXT) 格式和协议数据单元 (PDU) 格式两种, 0 为 PDU 格式, 1 为 TEXT 模式<sup>[4]</sup>。英文短信的发送: 向 13632389015 发送英文短信: abc。先输入 AT+CMGF=1 再按 ENTER, 功能: 英文方式发送, 回复 OK。再输入 AT+CMGS=” 13632389015” 按 ENTER 键后点“手动发送”, 功能: 向输入的号码发送短信, 回复>, 收到>后才可输入内容 abc, 最后的关键步骤是短信内容的结束: 实现短信息的发送, 在指令区域输入 1A, 点十六进制发送<sup>[5]</sup>。

2) 数据通信协议:

为了实现系统中来自不同采集节点的各类参数信息、控制信息的有效传输和识别, 需要定义整个系统统一遵循的<sup>[6]</sup>通信规则, 建立应用层通信协议。

本文定义的通信协议格式为 2015-02-05 空格 (space) 22: 07: 30 空格 (space) +025.4C 空格 (space) 56% RH, 表示 2015 年 2 月 5 日 22 时 07 分 30 秒温度和湿度各多少, 每个时间点采集到的数据通过一条短信发送到数据库中。

3) 串口通信:

首先是采集器与 GSM 模块通过串口连接, 所以该程序要实现数据的发送、接收、存储等功能以及和 GSM 服务相关的指令, 应答、数据传输等都要通过串口实现。其数据接受和发送, 采集器通过 AT 指令来实现, 接收器也通过串口将数据传输给后台数据库, 然后保存在 MYSQL 数据库, 提供监控中心进行统计和分析。

2.3 远程监控中心模块

2.3.1 功能描述

土壤墒情远程监控中心主要通过接收机也就是 SIM300 短

信模块,将单片机采集到的土壤墒情以短信的模式接受并且通过 PHP、SQL 后台数据库对数据进行解码然后实时显示到 GIS 地图上,并且还可以将控制指令传输给土壤墒情采集器,实现信息的交流,从而实现远程操控的功能。

### 2.3.2 登录模块

系统需要用户登录才能实现相应的操作,并且可以根据用户权限的不同,实现的功能不同。普通的用户只能进行录入、查询以及对自己个人信息的更改等操作。管理员区分不同等级,某个部门的管理员只能管理本部门的人员信息,以及本部门信息的整体查询。整体管理员可以审核普通用户的以及部门管理员提交的信息,并对相关人员进行权限的分配。

实现过程:用户输入用户名及密码会提交到后台,后台会与数据库中的用户信息进行匹配,匹配成功登录成功,跳转到系统首页,并且会根据用户的权限不同显示出不同的页面,匹配不成功则不能登录成功,将会停留在登录页面,直到用户名及密码与数据库中的用户信息相匹配。

为了防止批量注册、登录,采用了验证码技术,所谓验证码,就是将一串随机产生的数字或符号,生成一幅图片,图片里加上一些干扰像素(防止 OCR)<sup>[7]</sup>,由用户肉眼识别其中的验证码信息,输入表单提交网站验证,验证成功后才能登录成功。

### 2.3.3 数据的 GIS 展示

土壤墒情管理系统中的 GIS 显示是一个极具特色的模块,通过地图我们可以一目了然的看到各个地区的土壤墒情情况。系统地图以 GIS 和百度地图为基础进行二次开发,开发符合系统需求的功能。

百度地图是百度提供的一项网络地图搜索服务,覆盖了国内近 400 个城市,数千个区县,本文设计的系统针对陕西省市县区土壤进行墒情监测<sup>[8]</sup>。数据采集模块定时采集各个地区的水分数据,通过 GSM 通信系统将采集到的数据发送到系统的 MYSQL 数据库中进行存储,运用服务器端语言 PHP 编写程序对数据进行处理后显示在二次开发的 GIS 地图上。监管人员只要打开系统登录后即可直观查看陕西省内所有区域的土壤墒情。

#### 1) 比例尺:

这是地图最基本的功能,通过添加比例尺控件,我们可以实现地图的上下左右平移,同时可以通过调节“+”、“-”实现地图的缩放。

//添加控件和比例尺

```
function add_control(){
    map.addControl(top_left_control);
    map.addControl(top_left_navigation);
    map.addControl(top_right_navigation);
}
```

#### 2) 地图级别和中心点:

通过经纬度坐标来设置地图的中心点,在调试经纬度坐标和地图级别的过程中务必使整个陕西省境内的地图完全呈现在视野中心,从而真正达到一目了然的效果。如下图所示,由于陕西省的地图有些扁长,我们把地图的中心点经纬度坐标设置为(109.150, 35.659),级别是 7,这样整个陕西省完全显示

出来了。

#### 3) 个性化地图:

本系统中地图不需要太花哨的背景,高速公路、铁路、景点等都不需要高亮显示在地图上,所以摒弃了原先地图的复杂模式,转而应用简约模式,自制了自己的个性化地图,地图上只留下了淡淡的省级行政区划以及城市名。

#### 4) 覆盖物:

覆盖物内容很多,包括行政区划,增加标注,添加颜色级别等。

首先,行政区划问题,需要陕西省各个市的边界线,点击市级行政区后出现各个县区的边界线;

系统中应用到的标注问题,标注(Marker)是用来表示一个点位置的可见元素,每个标注自身都包含地理信息。比如你在大雁塔广场位置添加了一个标注,一个标注不论地图移动、缩放,标注都会跟随一起移动,保证标注始终指向正确的地理位置<sup>[9]</sup>。需要在每个市的标注点击之后,还要出现对应市的每个县区的标注以及每个站点的标注,且点击标注之后要出现其信息窗口,是大家能够直接读出其对应土壤墒情。

再有就是颜色级别问题,数据库里会存储传感器采集到的土壤墒情信息,将参数的各个平均值划分成不同的级别,根据级别高低使其在地图上显示成红、黄、蓝、绿 4 种颜色。这个是 MySQL 数据库与 PHP、JavaScript 脚本语言紧密配合的典型示例,数据库里创建了各个行政区域的经纬度,各个土壤墒情参数的值,以及各行政区域土壤墒情参数的平均值;根据数据库中的设定,比如,水分在 0~30 之间是干旱,设置为红色;水分在 30~40 之间是偏旱,设置为黄色;水分在 40~80 之间墒情良好,设置为绿色;大于 80 为洪涝,设置为蓝色。这样,整个陕西省的土壤墒情都完全呈现在地图上(此处文字说明:实验数据显示,榆林市、宝鸡市、安康市显示为黄色,延安市、铜川市、商洛市显示为绿色,西安市、渭南市显示为红色,咸阳市、汉中市显示为蓝色。)以供发布合理的预警信息等。

另外,覆盖物的透明度、线条的粗细、线条的颜色等都可以根据喜好自己设定,一切以美观大方为主。

#### 5) 信息窗口:

每个级别的标注都有其对应的信息,各个参数(包括水分、温度、pH 值和电导率)都要体现出来,信息窗口的样式可以自己设定,但是信息窗口的内容都要从数据库里获取。

#### 6) 监听事件:

在地图中,经常用 addEventListener 的方法来实现监听对象事件,在特定环境下这些事件会被触发,同时监听函数会得到相应的事件参数 e,比如当用户点击地图时,e 参数会包含鼠标所对应的地理位置 point。addEventListener 方法有两个参数:监听的事件名称和事件触发时调用的函数。由于地图要触发的事件比较多,因此监听函数也要使用多次。在使用过程中,还要与添加覆盖物等功能联合使用,形成嵌套循环,才能得到特定的功能。

## 3 最终效果

进入首页,将看到陕西省各地区墒情不同的效果图(颜色的不同表示墒情的级别)。点击任意一个市区,比如宝鸡,触

发监听事件, 会看到宝鸡市进入视野中央, 同时出现宝鸡市各个县区的边界线以及标注。如果点击任意县区标注, 比如太白县, 会出现信息窗口, 信息内容有太白县的土壤温度、水分、pH 值、电导率以及本县水分平均值; 点击宝鸡市区域部分, 回到陕西省地图。

作为土壤墒情管理系统中最具特点的一部分, 地图模块具有更直接, 更鲜明, 更快速, 更便捷的特点, 希望它的功能给大家带来方便与惊喜。

### 4 结论

将湿度传感器采集到的不同深度不同时间的数据通过 GSM 短信模块传输到监控中心的 mysql 数据库中作为初始数据, 再通过编程对初始数据进行查看甚至计算得到需要的数据显示在对百度地图进行二次开发后的 GIS 地图上, 用户直观高效的查询不同区域不同时间的土壤墒情, 进而决定是否对土壤进行灌溉, 系统还提供了额外的扩展能力, 可根据监测需求增加土壤的其他参数, 比如温度、PH 值等。经过测试, 系统运行良好, 能够直观高效对土壤墒情进行监测。

(上接第 27 页)

### 3.4 外部环境温度影响

最后, 我们分析一下外部环境对 IEEE 1588 时钟同步精度的影响。如图 8 所示, 外部环境温度的升高导致 IEEE 1588 时钟同步性能下降, IEEE 1588 时钟同步误差有所增大, 时钟抖动增加。

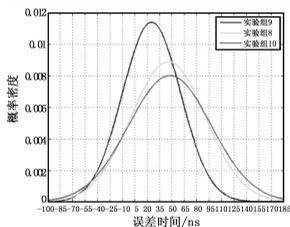


图 8 外部环境对 IEEE 1588 时钟同步精度的影响

### 3.5 结论

通过以上几组数据的分析, 可以看出, 网络节点负载增大和外部环境温度升高对 IEEE 1588 时钟同步精度都有一定的影响, 而网络拓扑结构的变化对 IEEE 1588 时钟同步精度的影响比较大。这是因为在复杂的网络拓扑结构中, 边界时钟引起的时钟抖动对时钟同步的精度有比较大的影响。为了改善边界时钟引起的时钟抖动, 在 V2 版本中增加了透明时钟的概念。

因此, 在网络化机载测试系统设计中, 需要重点关注网络交换机的使用。为了保证采集数据的时间相关性, 应尽量使用简单的网络拓扑结构。即使因为减少了交换机的使用而导致网络节点的负载增大, 由于负载增大带来的影响相对于网络拓扑结构带来的影响要小的多。

同时, 需要关注高温环境对 IEEE 1588 时钟同步系统所带来的影响, 高温环境下 IEEE 1588 时钟同步系统的性能明显变差。

### 参考文献:

[1] 温学萍, 俞凤娟, 张 翔, 等. 农业物联网技术在宁夏设施农业中推广应用初探 [J]. 宁夏农林科技, 2014, 05: 13-14.  
 [2] 卢启福, 吴慕春, 胡月明, 等. 基于 TDR-3 的土壤水分传感器标定模型研究 [J]. 传感技术学报, 2009 (7): 1066-1070  
 [3] 张瑞卿, 戈振扬, 于英杰, 等. 盆栽植物浇水智能测控系统 [A]. 中国农业机械学会. 2012 中国农业机械学会国际学术年会论文集 [C]. 中国农业机械学会, 2012.  
 [4] 杨绍辉, 杨卫中, 王一鸣. 土壤墒情信息采集与远程监测系统 [J]. 农业机械学报, 2010 (9): 173-177.  
 [5] 韩 伟. 基于无线传感器网络的工业环境氨气泄露监测报警系统 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2014.  
 [6] 郭志伟, 张云伟, 李 霜, 等. 基于 GSM 的农田气象信息远程监控系统设计 [J]. 农业机械学报, 2009 (3): 161-166.  
 [7] 贾磊磊, 陈锡华, 熊 川. 验证码的模糊识别 [J]. 西昌学院学报 (自然科学版), 2010 (1): 60-62.  
 [8] 肖文汉, 吴孝斌, 曹莹莹, 等. 基于百度地图 API 的停车场寻车系统的设计 [J]. 计算机技术与发展, 2014 (4): 227-230.  
 [9] 彭 可, 范 平, 余 凯. 基于 Web 的 GPS 监控系统设计与实现 [J]. 湖北科技学院学报, 2014 (12): 237-238.

### 4 总结

高精度的时间同步系统是网络化机载测试系统的需要。本文首先分析了 IEEE 1588 时钟同步系统的工作原理和误差来源, 然后明确了时钟同步误差的测量方法。在获取到误差样本数据之后, 本文通过统计学的分析方法, 给出了各组试验中的平均值和标准差, 并使用 Matlab 绘制了正态分布曲线。从实验室测试的情况来看, 网络节点负载和外部环境对 IEEE 1588 时钟同步精度有一定影响, 而复杂的网络拓扑结构会使时钟同步精度迅速下降。本文的研究成果具有普适性, 对于规避不合理的网络化机载测试系统的设计和使用提供了经验, 同时为进一步研究 IEEE 1588 时钟同步系统作用机理奠定了基础。

### 参考文献:

[1] 师 伟, 刘 昕, 万晓东. 基于 IEEE 1588 同步协议的高空台采集同步系统开发 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (2): 476-472.  
 [2] 刘 巍, 熊浩清, 石 光, 等. IEEE 1588 时钟同步系统应用分析与现场测试 [J]. 电力自动化设备, 2012, 32 (2): 127-131.  
 [3] 杨传顺, 彦廷江. IEEE 1588 协议在网络测控系统中的应用 [J]. 电讯技术, 2011, 51 (11): 84-88.  
 [4] 胡永春, 张雪松, 许伟国, 等. IEEE 1588 时钟同步系统误差分析及检测方法 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34 (21): 107-111.  
 [5] 周国平, 邹 磊. IEEE 1588 时间同步误差的研究 [J]. 山西电子技术, 2012, (2): 94-96.  
 [6] 李 芹, 沈鼎申, 宗俊丽, 等. 时间同步装置在不同网络环境下的性能研究 [J]. 电力系统通讯, 2011, 32 (226): 37-41.  
 [7] 彭 宇, 罗清华, 彭喜元. 网络化测试体系中不确定性数据处理方法浅析 [J]. 仪器仪表学报, 2010, 31 (1): 229-240.