

管道清管器实时远程跟踪定位系统的设计与实现

青美伊, 梁华庆, 艾毅然

(中国石油大学(北京)地球物理与信息工程学院, 北京 102249)

摘要: 为了能够及时发现卡堵在油气管道中的清管器, 需要对工作中的清管器进行实时远程跟踪定位; 文章开发了一套管道清管器实时远程跟踪定位系统, 该系统在清管器接收机中内置 GPS 模块, 接收机检测到清管器发射的低频信号时向 GPS 模块发送指令进行导航定位, 并将得到的定位信息通过访问网址的方式发送给指定的服务器, 由服务器调用 Google 地图进行显示; 远程终端可通过访问网页的方式在 Google 地图中观察清管器的所在位置以及运动轨迹, 从而实现对工作状态下的清管器进行实时的远程跟踪定位。

关键词: 清管器跟踪; 远程定位; GPS 模块; Google 地图

Design of Real-time Remote Pig Tracking and Locating System

Qing Meiyi, Liang Huaqing, Ai Yiran

(College of Geophysics and Information Engineering, China University of Petroleum—Beijing, Beijing 102249, China)

Abstract: In order to discover the pig blocked in the oil and gas pipelines in time, it is necessary to track and locate the pig on real-time. This paper developed a real-time remote pig tracking and locating system. There is a GPS module in the receiver of the pig tracking system. After receiving the low frequency signal from the transmitter fixed on the pig, the receiver sends instructions to GPS module for navigation and locating. Then GPS module transmits locating information to the specific server via the internet. After getting the information, the server will use Google map API to show the pig on the Google map. The remote terminal visits the specified web site to observe the pig's location and the moving trajectory on the Google map. The system makes pig remote online tracking and locating come true.

Keywords: intelligent pig tracking; remote locating; GPS module; Google map

0 引言

在油气管道运输过程中, 由于“蜡沉积”现象和掉入管道中的杂物影响, 会导致管道内径减小甚至造成管道堵塞, 极大地影响了运输效率和输油安全。实际生产中一般使用清管器对油气管道进行定期的清理和检测, 但若清管器被卡堵在管道未知位置没有被及时取出可能会导致重大事故^[1-5]。所以, 对工作中的清管器进行实时跟踪定位一直是管道运输中亟待解决的问题。

目前被广泛应用的清管器跟踪系统大多依赖于人工手持设备沿管道寻找清管器位置。对于清理频率高的管道, 这样的方式不仅浪费人力、物力, 而且极易受到天气情况、地形环境的影响。一旦遇到雨雪天气或是地势陡峭的铺设地带, 人工检测的方式非常难实现, 检测结果的准确性也会受到较大的影响^[6-7]。因此亟需一种可以在远程对清管器进行实时跟踪和定位的系统, 以减少人力消耗、降低天气情况和地形条件的影响。

本文开发了一种基于 GPS 导航定位技术和 GPRS 通用分组无线服务技术的清管器实时远程定位系统, 能够在终端地图中实时监测清管器的位置及其运动轨迹。

1 系统总体方案设计

图 1 是清管器实时远程定位系统的工作原理示意图。在管道清管器上固定一低频磁脉冲发射机, 在清管作业沿线布置多个清管器接收机, 用于检测发射机发出的磁脉冲信号。当某一接收机检测到清管器发射机发射的低频磁脉冲信号后, 通过其内置的 GPS 定位模块进行定位, 将位置信息通过网络上传到服务器。服务器将获得的坐标数据进行校正, 通过 JSP 网页调用 Google 地图, 在地图中显示出清管器的地理位置以及运行轨迹。用户可以通过电脑终端或智能手机访问服务器, 对清管器的位置进行实时追踪。

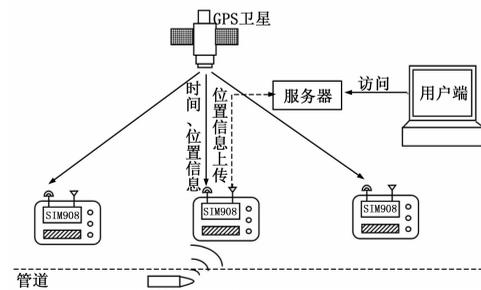


图 1 系统工作原理图

2 系统功能实现

根据系统的总体设计方案, 实时远程定位系统主要由 3 个部分组成: GPS 模块、服务器搭建及数据保存、Google 地图显示。

2.1 GPS 模块

GPS 模块的核心是一款集成 GPS 导航技术的四频 GSM/GPRS 单元电路 SIM908, SIM908 利用 GPS 卫星定位技术获得其所在位置的空间坐标信息^[8]。为实现对 SIM908 单元的控制,

收稿日期: 2014-07-22; 修回日期: 2014-10-10。

基金项目: 北京市城市油气配输技术重点实验室基金项目 (BJ2013015)。

作者简介: 青美伊 (1991-), 女, 吉林省吉林市人, 主要从事信息与通信工程方向的研究。

通讯作者: 梁华庆 (1964-), 女, 广东吴川人, 教授, 博士生导师, 主要从事微弱信号检测与石油测控仪器方向的研究。

本文采用 32 位微处理器 STM32 作为控制芯片与其进行通信, 获得 SIM908 单元的最终定位信息, 并控制 SIM908 单元将数据上传到指定的服务器。GPS 模块的硬件结构图如图 2 所示。

2.1.1 GPS 模块功能实现

GPS 模块的工作过程主要分成两个部分: GPS 定位和数据上传。

在接收机向 GPS 模块发送定位指令时, STM32 控制单元接受命令后启动 SIM908, 定位开始时首先通过 SIM908 的 GPS 天线接收由卫星发射的信号, 接收到四颗卫星的位置信息后, 在后台进行运算得出模块所在位置的 GPS 坐标。准确定位后, SIM908 通过串行接口将不同协议下的定位数据传输给 STM32 控制单元, 此时的 GPS 数据带有海拔高度、时间、国家等无关信息, STM32 模块将经纬度从中提取后存入后台。

为了使数据上传的过程简单直接, 放弃了 SIM908 与服务器通信进而上传数据的方式, 而是通过访问网址的方式将 GPS 数据加到要访问的网址当中, STM32 单元发送指令控制 SIM908 请求网络连接, 通过 SIM 卡访问指定网址, 将数据上传到网页当中进行存储。

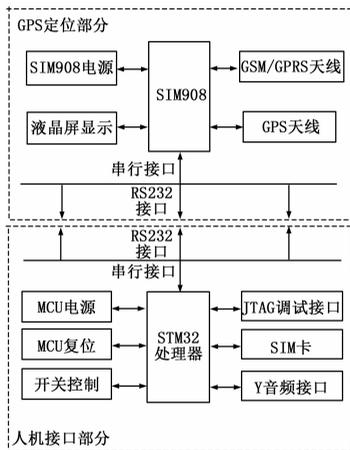


图 2 GPS 模块硬件结构图

2.1.2 GPS 模块软件实现

STM32 控制单元通过 AT 指令与 SIM908 进行通信, 利用 Keil 编写程序将 AT 指令按功能实现的顺序逐一发送给 SIM908 单元。在该部分 STM32 发送命令主要实现的功能有 SIM908 的初始化、GPRS 模式的启动和初始化、GPS 模式启动、GPS 经纬度提取、GPRS 网络连接和访问。STM32 具体工作流程图如图 3 所示。

为保证 STM32 控制流程不会因意外情况造成程序中止, 在程序设计中增加了指令的反馈确认。若某一条指令执行失败, STM32 接收不到 SIM908 反馈的信息, 就会再次向 SIM908 发送该指令, 确保程序的顺利进行。

2.2 服务器搭建及数据保存

Tomcat 服务器是具有免费开放源代码的 Web 应用服务器, 在开发和调试 JSP 程序上具有一定的优势。搭建 Tomcat 服务器需要配置相关的环境变量以及分配连接端口, Tomcat 服务器的默认端口为 8080。为了防止与其他服务端口号发生冲突造成手机客户端无法访问, 本文将端口设置为 1080。

开发 JSP 网页主要采用 Java 和 Javascript 语言, 该部分的 JSP 网页 a.jsp 负责接收 GPS 模块的经纬度数据, 并保存到后台数据文件 Config 中。

JSP 网页中首先设置数据文件保存位置, 为 Tomcat 服务

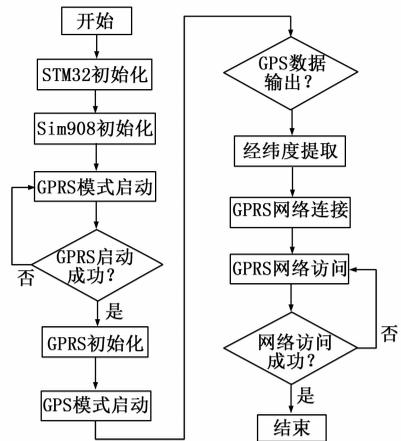


图 3 STM32 控制流程图

器 Webapps 文件夹下的名为 Config 的 txt 文件。同时使用 request.getParameter () 语句从网址中抓取经纬度数据, 本文中经纬度数据从 x、y 变量中获取, x 为纬度变量, y 为经度变量。若 GPS 模块访问网址是 http://192.168.1.115:/gsp/a.jsp? x=39.1568 & y=116.3579, 网页获取的纬度数据为 39.1568, 经度数据为 116.3579。

为了在地图中显示清管器的运行轨迹, 需要将 GPS 模块每次上传的数据都在 Config 文件中按上传顺序进行保存, 并保证不会覆盖上一次上传的数据。所以在调用 FileWriter () 函数时, 将第二个参数设置为 true, 保证每次上传数据写入数据文件的末尾处, 而不会覆盖以前的数据。

访问该 JSP 网页时, 可以显示出清管器所有经过位置的坐标。为使每次上传的数据按行显示, 在进行网页编写时, 使用 Line.split (“\s”) 语句, 将数据按空格字符进行获取, 获取的经度和纬度分别存储在 arr [] 中的 arr [0] 和 arr [1] 中。再将每次上传的经纬度分别存入两个数组 Line1 [] 和 Line2 [] 中, 这样 Line1 [] 中存储的是所有位置的纬度数据, 而 Line2 [] 存储的所有位置的经度数据, 最后使用循环语句调用 out.println () 语句按行显示出每次的经纬度数据。

2.3 Google 地图显示

目前在很多 GPS 定位的文献中, 往往选择开发地图软件的形式来显示某一位置的定位信息。本文考虑到用户在手机上安装软件的过程繁琐且容易出错, 故采用网页地图的方式显示清管器实际的空间位置和运行轨迹。

2.3.1 GPS 数据获取

为了在地图中显示清管器的位置坐标和运行轨迹, 地图网页需要获取已经保存在后台文件 Config 中的 GPS 坐标数据。主要调用 br.readline () 函数按行提取数据并将每次定位的经度、纬度数据分别存储在 arr [] 数组中的 arr [0] 和 arr [1] 中, 使用循环语句和 “+” 操作将每次获得的纬度数据合并成一个完整的字符串 line1, 数据之间以 “,” 分隔开, 将经度数据合并为字符串 line2, 从而得到含有所有经度和纬度数据的两个字符串。这样做是为了进行 Java 和 Javascript 语言转换时, 简化变量的转换过程。

2.3.2 Google 地图调用和显示

Google 地图的调用是该部分的核心, 操作过程较为繁琐, 具体过程如下:

1) 调用 Google 首先需要申请 API 密钥, 将密钥写入在网页头部加载 Google 地图语句中。加载语句 <script src=http://

ditu. Google. cn/maps? file=api &. v=2&. key=AIzaSyALqWiH-wSnUxZzb7C5z8nzlLeHBhL9uMNU &. sensor=false>中, 密钥为 AIzaSyALqWiH-wSnUxZzb7C5z8nzlLeHBhL9uMNU &. sensor=false。

2) 加载地图成功后, 在网页中定义地图容器, 以便在网页中指定位置显示 Google 地图, 容器设置在<body></body>之间, 容器尺寸根据实际网页设计尺寸进行设定, 本文中的容器长为 800 像素, 宽为 600 像素, 其定义语句为<div id="map_canvas" style="

```
" width: 800px; height: 600px; border: red solid 5px;" >。
```

页面加载后初始化 GoogleMap, 在<body>加入 onload 时间和 onUnload 事件, 完成地图的初步调用。

3) Google 地图的设置部分主要由 Javascript 语言进行编写, 在设置地图参数之前, 要进行变量转换以获取每次定位的经纬度数据, 基本语句 var n=<%=i%>, 将 Java 变量 i 转换成 Javascript 变量 n。由于在上一步为了转换简便将经纬度数据写入字符串当中, 在此处使用 string.split (“,”) 函数将字符串按 “,” 分开并将每组经纬度数据分别存入数组 datax 和 datay 中。并将获取的字符数据转换成浮点数据。

4) 本文定义地图对象为 Gmap2, 该类主要在页面上定义单个地图, 具体语句为 var map = new GMap2 (document.getElementById (" map_canvas")); map_canvas 为上文定义过的地图容器。为了地图能够完整显示清管器的当前位置, 本文将地图中心坐标定义在清管器最后一次定位的位置, 创建 GLatLng 对象定义地图中心的经纬度坐标, 语句 map.setCenter (new GLatLng (datax [n-1], datay [n-1]), 12); 其中, 变量 datax [n-1] 和 datay [n-1] 中存储的是清管器最后一次定位的经纬度数据, n 为清管器定位总次数, 12 为地图缩放级别。

5) 为标记出清管器位置, 引用 Mark 标签在地图上进行标记。本文使用两种标记图标, 以区分出当前清管器位置和清管器经过的位置, 标记符号引用 Google 地图的自定义图标, 当前清管器位置的标记语句为:

```
var point=new GLatLng(datax[n-1], datay[n-1]);
map.addOverlay(new GMarker(point, markerOptions));
```

定义变量 point 坐标为 datax [n-1], datay [n-1], 使用 map.addOverlay (new GMarker ()) 函数标记 point 位置。

使用同样的方法标记清管器经过的位置, 由于清管器经过的位置多于两个, 调用循环语句循环 n-1 次标记出所有清管器所有的位置坐标。

标记清管器轨迹需要定义线变量, 调用 GPointline () 函数传入线段两端两个点的经纬度数据可绘制一条线段。具体绘制折线程序如下:

```
for(var m=1;m<n;m++)
{
var polyline= new GPolyline([new GLatLng(datax[m-1], datay
[m-1]),
new GLatLng(datax[m], datay[m])], " ED9121", 2, 1);
map.addOverlay(polyline);
var points=new GLatLng(datax[m-1], datay[m-1]);
map.addOverlay(new GMarker(points, markerOptions));
}
```

使用循环语句定义 n 个点之间的 n-1 线段, 第 m 次绘制

的折线两端点坐标分别为 (datax [m-1], datay [m-1])、(datax [m], datay [m])。

调用 map.addOverlay (new GMarker ()) 进行绘制。折线的颜色和宽度可以通过对 GPointline 函数中后两个参数的设置进行调整。本文设置线段颜色为橘色, 宽度为 2。

3 系统测试结果

为检验 GPS 远程定位系统的性能, 在中国石油大学科技园进行了 10 次定位测试实验。将接收机放置于室外, 并向接收机发送指定频率的磁脉冲信号。接收机接收到信号后发出声音警报, 同时向 GPS 模块发送定位指令。定位结束后, 在数据文件中观察得到的 10 组定位数据为:

- 40.1221502 116.1431396
- 40.1223104 116.1436894
- 40.1223111 116.1436897
- 40.1223241 116.1437088
- 40.1223571 116.1436374
- 40.1223568 116.1436361
- 40.1224178 116.1434722
- 40.1224201 116.1434724
- 40.1222404 116.1433855
- 40.1222400 116.1433856

访问指定地图网页的网址 http://192.168.1.148:1080, 即可在 Google 地图中查看定位结果。

所设计的系统, 2014 年 4 月已成功应用于渤西登陆管道, 实现了清管器的实时远程跟踪定位。

4 结论

1) 完成了管道清管器实时远程跟踪定位系统总体方案的设计, 通过 GPS 定位模块, 实现了 STM32 控制单元和 SIM908 单元之间的通信。

2) 利用 GPRS 无线通信技术, 实现了 GPS 模块和远程终端的无线数据传输, 以访问网址的模式将 GPS 定位数据上传到指定的服务器中并存储。

3) 开发 JSP 网页调用 Google 地图, 用户可通过访问网址的方式在 Google 地图中观察清管器的实际位置和运行轨迹。

4) 摒弃了传统定位软件所采用的 C/S 结构系统, 采用 B/S 结构的软件系统, 降低了对网络硬件环境的要求。

参考文献:

- [1] 孙万章. 清管技术及其发展综述 (一) [J]. 城市燃气, 1994, 3 (9): 25-28.
- [2] 闫晓茹, 张涛, 杨春生, 等. 清管跟踪定位系统的研究 [J]. 机械, 2004, 31 (4): 63-64.
- [3] 王洪娟. 基于 STM32 和 GPS/GSM 的清管跟踪系统的研究 [D]. 北京: 中国石油大学 (北京), 2011.
- [4] Farque J A. Magnetic pulsing technique for tracking, locating pigs [J]. Pipe Line Industry, 1994, 77 (1): 59-60, 62.
- [5] McDonnell Shamus, Bhatia Arti, Nickle Randy. Pipeline pig tracking through the internet [A]. Proceedings of the Biennial International Pipeline Conference [C]. 2004 (1): 709-712.
- [6] 王铎, 刘晓艳, 王康, 等. 清管器追踪技术研究 [J]. 管道技术与设备, 2013 (1): 41-43.
- [7] 刘凯, 马丽敏, 邹德福, 等. 清管器应用技术的发展 [J]. 管道技术与设备, 2007 (5): 41-42.
- [8] 彭颖, 郭泽林. 嵌入式快速跟踪仪的设计与实现 [J]. 科技信息, 2013 (3): 183-184.