基于GIS的电力线路巡检系统的设计与实现

输电线路是电网的重要基础设施，输电线路的稳定运行对于提高电力系统的供电质量具有重要作用，因此必须要建立高效的电力线路巡检系统。基于这一目标，以北斗卫星系统、GPS全球定位系统、无线通信（GPRS）以及地理信息系统（GIS）为基础，进行功能整合，设计出一种基于GIS的双通信、双定位模式的电力线路巡检系统。

朱佳佳[1]　黄　斌[2]　姚　明[1]　朱传柏[3]/1.国网上海市北供电公司　2.国网浙江省电力公司　3.浙江大学

朱佳佳/高级工程师

关键词/Keywords

GIS·

北斗卫星系统·

GSM/GPRS·

电力线路巡监系统·

地理环境的复杂性和多变性使我国的输电线路受到多种不利因素的影响，输电线路的日常巡检对于我国的电力系统正常运行，保障供电质量具有重要的意义[1]。随着科学技术的迅速发展，基于计算机信息技术以及卫星定位等新技术的电力巡检系统不断出现。但这些定位系统大都以移动通信和GPS定位为唯一的通信和定位支撑，因此系统的稳定性极易受到影响。首先，在一些偏远地区容易出现移动信号不良的现象，影响系统的正常通信。此外，在极端的政治及战争环境下，GPS信号有被切断的危险。鉴于我国的北斗导航系统已经步入实际应用阶段，因此，本研究旨在将GIS、GPS、GPRS以及北斗导航4项技术进行有效整合，采取以GIS为显示基础，以GPS和北斗导航系统双定位以及GPRS与北斗卫星通信相结合的双通信模式，设计出高稳定、高可靠性的电力线路巡检系统。

系统的总体结构设计

1. 系统的功能需求分析

基于计算机通信技术的发展现状以及目前电力巡检系统的主要缺陷，认为本系统的功能需求主要有6方面，其具体内容如表1所示。

表1　系统的主要功能需求

功能需求	主要内容
直观显示功能	充分利用GIS线路图形化显示功能，使管理人员能够获得直观的巡视信息，方便相关工作的开展
升级扩展功能	系统的软件和开发工具要实现模块化和层次化，方便用户的升级和扩展，满足不同用户的个性化需求
可靠的数据库	系统要实现数据的加密和校验功能，确保巡检数据的真实可靠
数据分析功能	系统要能够实现对数据的图表分析以及多样化趋势分析，以利于实现线路故障的提前预警
终端机的先进性	手持终端要具有足够的存储空间，支持汉字和手写输入，具有移动通信和北斗卫星双通信功能
报警功能	当出现突发情况时，软件要能够及时触警并显示

2. 系统的基本架构

基于上述要求，对该系统的主要架构进行了设计，其包括巡检中心和手持终端两大部分。其中巡检中心融合有GIS智能电子地图，手持终端配有定位模块和通信模块。方案的具体框架如图1所示。其中，巡检中心以GIS智能电子地图和数据库为基础，实现巡检业务的图形化和数字化。手持终端则选用移动通信和北斗卫星双通信模式。在移动通信信号较好的地域采用GPRS通信模式；在移动通信信号不良的偏远地区，则采用北斗卫星通信，以保证通信的顺畅和稳定[2]。此外手持终端上的GPS定位功能和北斗定位功能互为补充，为监控中心提供准

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

确的定位数据信息。

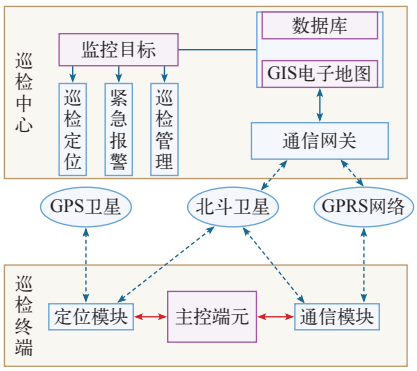

图1 系统总体架构示意图

3. 系统的工作原理

电力线路的巡检系统需要按照一定的程序展开巡检监管工作。系统的工作原理可以简述如下：首先管理人员利用软件将需要进行的巡检工作以任务清单的形式传送至手持终端，巡检人员则根据相应的任务要求实施巡检工作。巡检任务可分为两大部分：一是对新设备和线路相关信息进行记录的基准定位工作；二是对原有线路和设备的信息进行巡视，如遇缺陷，及时记录[3]。巡视完毕后将所有信息以合适的方式上传至控制中心，最后系统软件对这些数据进行后期处理和分析，以作为巡检考核的依据。系统的具体工作流程如图2所示。

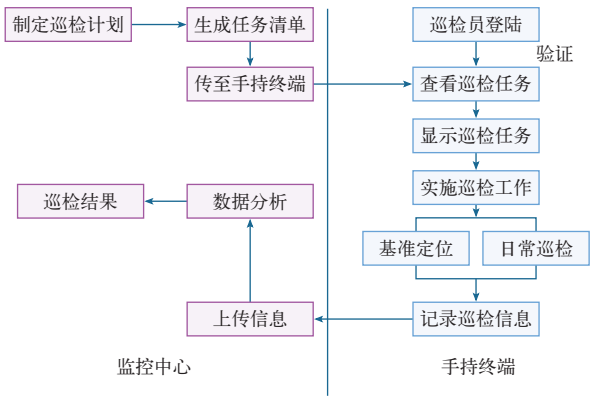

图2 系统的工作流程

巡检系统的监控中心软件设计

1. 监控中心的结构设想

监控中心的硬件主要由三部分构成，分别是数据服务器、通信服务器以及软件终端[4]。其中数据服务器的主要功能是通信数据记录以及GIS地图数据匹配，通信服务器主要用于GIS电子地图显示，其结构图如图3所示。巡检中心的软件基于Windows 8操作系统进行开发；软件平台依托的是VisualC#；在电子地图的实现方面运用的是MapX5.03控件技术，使地图更加直观，并可以提供更多的信息；系统的服务器支持由SQL Server 2000提供。

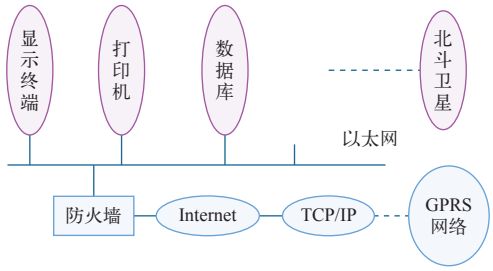

图3 巡检中心硬件结构图

2. 巡检中心软件功能设计

（1）软件功能模型

巡检中心软件担负着整个系统主要功能实现的任务，是系统的核心组成部分。按照系统的功能要求，巡检中心软件在能够对反馈数据进行接收和解析的条件下，完成巡检员的地理位置显示以及巡检工作的监督与管理，在特殊情况下还要具备报警功能。因此巡检中心软件应该由数据处理、基于GIS的显示、巡监功能以及数据库等四大模块共同组成。

（2）通信与数据处理模块设计

1）巡检中心与手持终端的通信功能设计。双方之间由专用服务器链接，在通常情况下，巡检中心将各种任务和指令信息进行包装后通过GPRS网络进行转发，双方均可按照相关通信协议进行加密或解析。当巡检端回传信息时，首先要进行登录并进行身份验证，待通过后再发送打包数据。本设计的一个创新之处在于使用双通信模式，当GPRS网络信号不稳定时可以采用北斗卫星通信，来完成上述任务，以保证通信的实时畅通，传输过程和上述方式基本一致。

2）数据的解析与处理。系统软件接收数据后

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

将按照约定的通信协议进行解析，提取出时间、位置以及设备状态确定有用的数据，在显示信息的同时在电子地图上注明位置，然后以文本形式将这些数据在数据库中进行保存。

（3）基于GIS系统的功能设计

按照系统的设计要求，基于GIS系统的功能主要包括六大模块，分别是浏览功能模块、测量功能模块、鹰眼功能模块、图层功能模块、编辑功能模块以及信息查询功能模块[5]。各模块的具体功能如表2所示。

表2 基于GIS系统的功能模块及主要功能

模块名称	具体功能
浏览功能模块	实现对所有线路地图的放缩和漫游；查询不同地物的属性，以及相关数据的浏览、查询和修改
测量功能模块	测量功能主要是测量距离，其主要作用是方便安排巡检时间和巡检路线
鹰眼功能模块	小图能够跟随主图进行相应的变化；鹰眼部分的小图发生变化时，主图能进行粗略的跟踪
图层功能模块	能够根据实际需要增加和移除相应的涂层；能对每个图层的可见性、优先性和编辑性等属性进行设置；能够设置图层的显示方式以及显示区域
编辑功能模块	实现电力线路、电力机构、电力设备以及杆塔的增加和编辑，并将相关的属性信息录入数据库，建立与图形数据的对应关系
信息查询功能模块	实现对图形窗口内的各种信息的各种方式的查询、检索和统计，能进行图上查询和条件查询，方便用户使用

系统巡检功能设计

系统的巡检功能主要包含六大模块，分别是设备消缺、报警处理、人员监控、任务管理以及人员调度。

1）设备消缺。将线路设备缺陷划分为一般缺陷、严重缺陷和危机缺陷。巡检中心能够根据相应的缺陷级别做出适当的反应。

2）报警处理。线路巡检过程中极易遭遇突发情况，当这些情况发生时，巡检人员可以通过一键触发来起动紧急报警功能，巡检中心根据发送来的报警信息采取必要的应对措施。

3）人员监控。巡检系统设有回放功能，巡检中心的管理人员可以利用其对巡检员的工作的全过程进行直观查看，以有效监督巡检工作。

4）任务管理。巡检中心管理人员利用软件将需要进行的巡检工作以任务清单的形式传送至手持终端。巡检人员则根据相应的任务要求实施巡检工作，巡视完毕后将所有信息以合适的方式上传至控制中心。

5）人员调度。当巡检中心收到来自于巡检终端的报警信息时，工作人员可以使用软件在地图上显示巡检员的具体位置，并对报警地点附近的人员及车辆进行调度，及时实施抢险救援工作。

（5）系统数据库设计

1）人员权限管理。为了保障信息安全，系统数据库要加装用户数据表，用于存储具有登录权限的用户。用户登录系统时需要进行二次身份验证，也就是用户在登录后，系统还要查询和核对数据用户表，只有取得与输入密码相同的数据后才被获准进入。

2）人员信息管理。管理人员和巡检人员的信息统计也是数据表中的重要内容，这些信息对于系统功能的实现具有重要作用。例如，管理人员可以运用软件中的用户管理功能实现用户的添加、信息修改和用户删除，从而使系统更具有可操作性。

3）终端管理。软件可以实现对巡检终端数据和信息进行管理，可以通过软件中的巡检设置，实现对设备的新增、删除以及数据修改。

4）信息查询与删除。软件设计中为巡检数据查询设置了两个检索条件：一是巡检终端编号；二是巡检时间。使用上述任何一个检索条件都可以对历史巡检信息进行查询。

巡检终端的设计与实现

1. 总体结构设计

巡检终端采用控制与通信两大部分独立化设计思想。其优点是当其中一个模块出现问题时，另一模块仍然能够正常工作，因此这种设计有利于提高系统的稳定性。鉴于目前北斗模块的功耗较高，因此系统在设计时，将北斗模块设计成可拆卸形式。在GPS和GPRS信号良好的情况下，可将此模块拆下，以减少手持终端的体积和功

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

耗。当遇到GPRS信号不良或GPS信号不能正常使用时，可以连接此模块，迅速投入工作。按照这一设计思想，手持终端的系统分为主控部分、通信部分和定位部分三个主要模块。主控模块主要由存储器、处理器、报警器以及输入输出设备组成；通信模块主要由GPRS通信、北斗通信以及指示灯组成；定位模块主要由GPS和北斗定位单元组成[6]。

2. 终端软件的设计及工作原理

根据系统总体设计要求，手持终端要兼具数据的接收、存储、发送以及显示等一系列功能。为了便于修改调试以及功能拓展，手持终端的程序采用集成封装的设计。通信单元是终端和巡检中心的联系纽带，肩负相互之间的所有通信任务。为保证通信畅通，采用GPRS和北斗双通道通信模式。手持终端处理器每秒对GPS串口扫描一次，如有数据进入并经过校验，则系统可以自动进行读取和解析[7]。

产品设计及应用

系统设计完成后随即进行了系统功能和性能的模拟测试，测试结果显示，系统具有良好的可靠性和稳定性，系统的各个部分均能够正常工作，完全可以满足电力系统的功能及业务要求。

目前该系统已经在黑龙江省部分供电局进行试点应用，运行过程中软件系统运行稳定，功能比较实用，尤其是在西部山区的线路巡检过程中，有效克服了原巡检终端机信号不稳定的问题。在系统的使用过程中，还未遇到GPS信号中断的现象，因此双定位模式的优越性还需要进一步的实际应用验证。

目前，该系统在远程数据传输、巡检路径监控以及后台管理系统集成方面进一步完善，相信不久的将来，即可为电力巡检工作提供一款有推广价值的新系统。

结束语

针对我国电力系统线路巡检的现状与特殊性，结合当前科技发展的最新成果，特别是我国自主开发的北斗导航系统进入商业化运行，定位准确度不断提高，设计出一种基于GIS的通信、双定位模式的电力线路巡检系统。本设计在吸取了当前我国各个电力巡检系统设计方案优点的基础上，基于GIS电子地图，并引入北斗系统的通信和导航功能。此设计主要解决了此类系统的两个主要缺陷：一是在没有GPRS信号覆盖的地区，也能够进行正常工作；二是当我国面临战争或政治纠纷，GPS信号被切断的情况下系统仍可以发挥有效作用，因此极大提高了系统工作的稳定性和有效性。当然该系统一定还存在诸多需要改进之处，希望广大同仁提出宝贵的批评意见。

参考文献

[1] 白凯．基于GIS和GPS智能终端的线路巡检系统设计与实现 [J]．价值工程，2012 (7)：135-136.

[2] 北斗导航卫星保救援通信畅通 [J]．发明与创新，2008 (6)：8.

[3] 洪哲，许毅，夏凌云．基于GPS的配电网10kV电力线路智能导航巡检系统 [J]．电力信息化，2011 (7)：67-71.

[4] 陈亮，王波，蒋才明．智能输电线路巡检系统设计与实现 [J]．电工电气，2014 (9)：50-59.

[5] 翟雪奎，张轶．智能电网输电安全巡检系统的设计与开发 [J]．地理空间信息，2014 (1)：44-55.

[6] 钱成越，薛原．基于北斗导航系统的移动导航定位终端设计 [J]．现代计算机，2010 (6)：165-182.

[7] 傅裕．基于GIS技术的电力配网巡检系统应用研究 [J]．电子世界，2012 (23)：39-41.

（收稿日期：2014－12－15）EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net