

送变电工程现场实时管控系统的研制与开发^①

戴平¹ 汪俊锋² 王德昌¹

(1. 安徽信息工程学院 计算机与软件工程系, 安徽 芜湖 241000; 2. 中国科学技术大学 物理学院, 安徽 合肥 230026)

摘要 随着信息技术的不断进步, 实时视频直播技术的应用越来越广泛. 当前各地电力建设及生产任务繁重, 施工、检修现场繁多, 项目管理人员现场督查任务量很大. 为有效解决施工现场安全监督管理的难题, 开发了一个基于 GPS 卫星定位和实时在线移动视频直播技术, 将手持终端定位结果与电子地图有效关联到实时在线视频的可视化现场安全监督管理系统. 施工现场负责人通过手持终端设备, 可以进行现场实时直播及录像, 并对现场情况进行信息反馈. 项目部管理人员及公司领导可以通过监督管理平台对施工现场的作业人员进行远程监督管理和技术难题的指导.

关键词 安全监督; 移动; 实时直播; 信息反馈; 可视化

中图分类号 TP319

文献标识码 A

0 引言

目前, 各个行业工程建设中所遇到的最重要问题就是施工安全问题. 电力系统输、变、配电设备分布较广、总量逐年加大, 且随着社会经济发展和电网建设提速, 基建、技改、大修、运行等现场作业点多面广, 作业人身安全事故的风险加大, 管控难度加大.

如何做好管辖范围内各施工现场的安全管理督导、如何保证对各电力施工现场以及低压分散施工现场的安全监督质量已成为困扰送电分公司各工程项目部的难题. 为了监督送变电工程施工人员的安全施工制度执行情况, 送变电分公司委托我们研制了一套可视化送变电工程施工现场安全实时管控系统. 系统可以让施工管理人员突破时空限制, 全面掌握工程施工现场的细节信息, 监督现场施工人员对安全管理制度的执行情况, 及时发现现场的安全隐患, 确保送变电工程的施工安全^[1].

系统包括两大部分, 分别是软件部分和硬件部分. 硬件部分包括: 视频应用服务器、数据存储服务器、定制手持终端设备、定制手持终端专用支架等. 软件系统包括 3 部分, 分别是 Web 管理软件、监督端管理 APP 应用软件、施工端 APP 应用软件.

(1) Web 管理端软件. 所有施工现场的基础信息可通过后台统一导入, 项目部管理人员可通过登录送变电工程施工现场安全实时管控系统软件查看现场施工情况. 系统采用先进的 B/S 体系架构^[2], 用户通过浏览器直接浏览, 不受监控地点的限制. 系统在设计上以高可靠性、高稳定性、高实时性、大容量等标准来构建的整个软硬件系统. 在硬件上, 采用工业级标准设计, 嵌入式系统, 工业级高可靠芯片, 内设硬件看门狗, 7×24 h 连续工作. 在软件上, 系统采用模块化设计, 能根据用户的需求和规模在服务器上灵活安装模块, 既能充分利用资源, 节省投资, 又能满足部分用户对大数据量、高负荷的运行要求. 系统采用 Mysql 数据库, 大容量稳定可靠, 同时对数据在硬件和软件上做了多重备份机制, 确保安全可靠运行.

① 收稿日期: 2017-09-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(61300170); 安徽省自然科学基金项目(KJ2015A333)资助

通讯作者: 汪俊锋, 男, 汉族, 博士, 高级工程师, 研究方向: 视频流媒体处理等, E-mail: wangjunf@mail.ustc.edu.cn.

(2) 移动管理终端(监督端). 移动管理终端是为了方便送电分公司和各施工项目部管理人员可以移动管理各施工现场的一套工具,通过在移动平板管理终端设备上安装现场安全管理应用 APP 软件,实现对各项目部下辖的各施工现场进行综合管理的目标. 该终端具备网络实时通讯能力,可通过 4 G 或无线网络系统,与手持终端设备实现可靠连接. 同时还具备商用 PC 机的功能,能够实现文字编辑、视频请求、视频播放、导航定位、数据管理、数据存储、以及电子文档的网络收、发管理. 手持管理终端设备,打破了常规的办公室工作管理模式,实现了移动化办公,实时进行安全监督管理工作.

(3) 手持终端(施工端). 具备移动通讯的无线网络使用功能,使用 3 G 或 4 G 数据卡,实现 GPS 定位功能,并将定位信息实时发送给后台服务器^[3]. 实时接收平台或管理终端下发的现场视频请求,实时上传自己的 GPS 定位信息. 所有手持终端设备的坐标信息自动导入到系统平台的电子地图中,管理人员可通过手持终端设备 GPS 坐标进行精准定位、移动轨迹跟踪,来监督和管理施工现场负责人的工作情况. 手持终端设备具有拍照、录音、录像以及图文编辑功能,能够对施工现场的情况音视频采集. 可将现场情况通过无线网络及时发送到系统平台,管理人员可以快速便捷的查阅、审核、上报,保证现场出现的情况得到及时解决和顺利完成.

1 系统框架设计

1.1 系统分层

系统实行三层架构管理如图 1 所示.

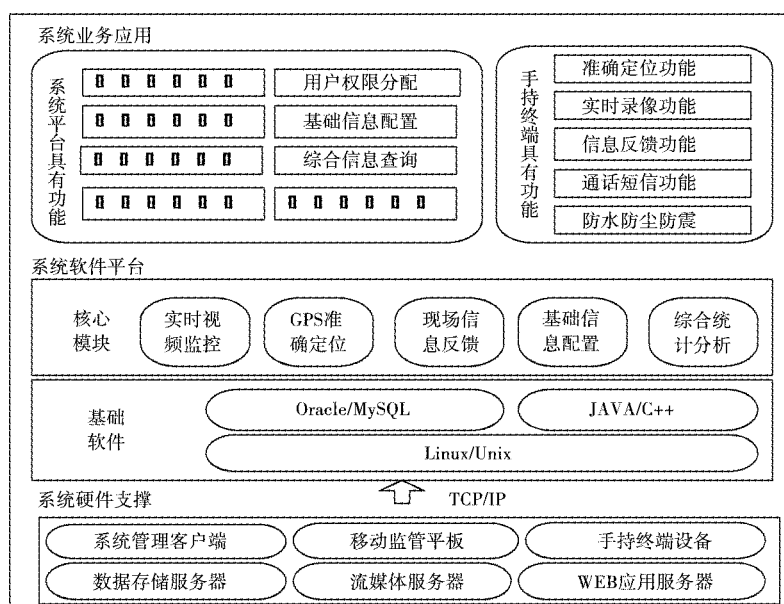


图 1 系统平台的技术架构

一级架构为送电分公司,可通过可视化安全实时管控系统任意选取一个项目部,查看并监督某一施工现场的工作情况,包括工程进度、施工安全管理等情况.

二级架构为各个项目部,可通过可视化安全实时管控系统任意调取某一施工现场的实时监控画面和查看所有施工现场的.但不能调取或请求其他项目部的监管信息.

三级架构为各个施工现场,通过手持移动终端接收分公司或项目部视频请求,实时直播现场视频,并可以进行现场施工情况信息的编辑和反馈.

1.2 平台技术架构

整个软件系统从技术层级,分为硬件层、系统软件层、应用软件层.图 1 展示了整个系统的技术架构.

(1) 硬件层.硬件层包括各种服务器和终端设备.服务器包括:提供系统数据存储的数据服务器;提供整个系统访问服务的 web 应用服务器;提供系统流媒体直播服务的流媒体服务器.这些服务器,为整个

项目的运行提供基础的支撑作用. 终端设备包括: 运行 web 管理系统的系统管理客户端, 它可以是一台普通的计算机和显示器也可以是投射到大屏幕的计算机系统; 运行监督端 APP 的移动监管设备; 运行施工端 APP 的手持移动终端设备. 手持移动终端设备为整个系统的运转提供数据, 系统管理客户端和移动监管设备则为管理人员提供监督管理的平台.

(2) 系统软件层. 系统软件层包括系统基础软件层和开发的 web 服务层. 系统基础软件主要有为: 整个项目提供数据存储基础服务的数据库管理软件系统; 为整个项目提供 Web 基础服务的 Web 应用服务管理系统; 为视频直播提供服务的流媒体管理系统. 在此基础上, 是我们开发的 web 服务层. 主要包括流媒体直播服务、GPS 地址管理服务、施工信息管理服务、基础配置服务、综合统计服务等模块. Web 服务层支持各种管理终端和施工终端的信息录入和提取.

(3) 应用软件层. 应用软件分为管理端软件和施工端软件两部分. Web 端管理软件主要有视频直播模块、移动轨迹跟踪模块、施工状态实时展示模块、现场状况信息反馈模块、用户权限管理模块、基础信息配置模块、综合信息查询模块、日动态统计模块、周计划导入模块等. 监督端管理 APP 主要包括视频直播模块、移动轨迹跟踪模块、点对点定位导航模块^[4]、施工状态实时展示模块、现场状况信息反馈模块. 施工终端 APP 则包括视频请求接收模块、现场信息编辑模块、双模精准定位模块、现场照片拍摄、现场视频录制等模块.

1.3 网络结构

系统的网络结构采用分布式层次, 服务器设备包括数据库服务器、流媒体服务器、web 应用服务器等均放置在送变电公司的机房内, 通过网络对外提供给各种终端访问. 图 2 显示了系统的网络拓扑结构.

项目部办公现场, 通过办公电脑和平板管理电脑运行监督管理软件. 服务器端实时获取工地施工的实时数据, 并通过数据和信息处理后呈现出来, 以便管理人员进行必要的监督指导.

施工现场由施工人员持有施工终端, 上面运行施工端 APP. 施工终端通过 4 G 网络向服务器提交现场施工状态信息、照片、录像、直播视频流等, 全面反映工程现场的施工情况.

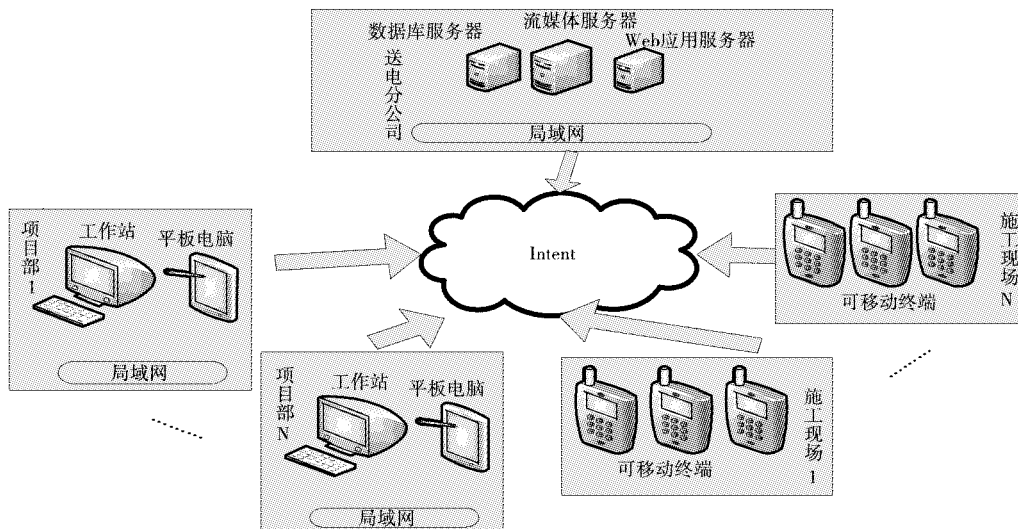


图 2 系统网络结构拓扑图

2 技术选型及应用原理

施工现场安全实时管控系统采用基于 EasyDarwin 架构的 RTSP 协议为系统流媒体转发服务的传输协议^[5,6]. 系统采用 EasyPusher 直播推送 + EasyDarwin 流媒体服务 + EasyPlayer 客户端播放器的整体解决方案. 此方案可以完整地实现音视频编码推送、公网传输、播放等整个流媒体流程, 在公网的延时最低达到 400 ms. EasyPusher 和 EasyPlayer 直播推送可以稳定支持手机 ARM 芯片上的 RTSP 直播推送

和播放功能,配合 EasyDarwin 流媒体服务器,延时可以控制在 1 s 以内.在 EasyPlayer 播放器的基础上,采用 ActiveX 插件的方式实现 Web 直播播放功能,可以很好地支持软件系统的视频实时直播和回放功能.

2.1 Web 管理子系统

施工现场安全实时管控系统的 Web 管理子系统基于直播、GIS 地图等技术^[7].功能主要分为用户权限管理、实时视频监控、运动轨迹跟踪、现场信息反馈等关键模块.

用户权限管理模块,可以根据施工管理者所管辖范围不同而动态分配用户权限.实时视频监控模块,可以实时查看施工现场的直播视频并进行远程监控.移动轨迹回放模块,根据现场施工人员手持设备在一段时间内的地理位置变换,在系统平台项目部施工线路地点地图底图上绘制施工人员的运动轨迹.现场视频回放模块,则在服务器中存储的现场施工视频,方便管理人员监控完整的施工过程.照片查看模块,可以通过现场照片查看,来检查监控现场的施工情况.施工周计划管理,提供给项目部管理人员使用,管理人员可以通过 Excel 文件导入下周的施工计划.施工日报统计和异常施工提醒,提供施工的日动态信息以及它与周计划是否相符.

Web 管理子系统的核心部分为实时视频监控直播.项目部的管理人员可使用系统 Web 管理端子系统向施工现场的施工人员进行远程视频请求呼叫,施工现场响应视频请求后,手持终端自动进入摄像直播模式.Web 管理端子系统的远程视频请求使用基于轮询的视频请求算法.图 3 详细描述了 Web 端和施工端软件模块两方面的基于轮询的视频请求算法流程.

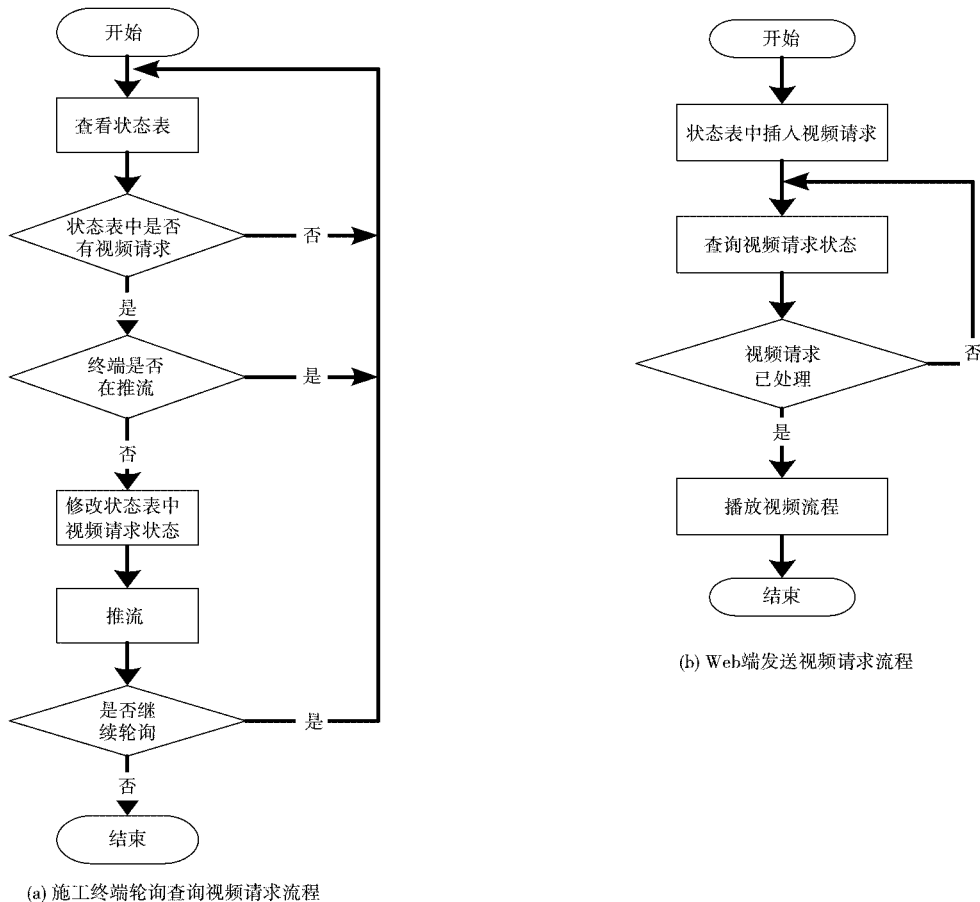


图 3 基于轮询的视频请求算法

当管理人员需要查看某个施工现场的实时施工情况时,可在 Web 系统中点击该施工现场的施工终端持有人图标.这时,Web 系统向数据库的轮询状态表中插入一条请求这个施工终端直播的数据信息,同

时 Web 系统的直播流媒体播放这个施工终端的推流地址. 施工终端每 30 s 查询一次数据量的轮询状态表, 查看是否有自己的直播请求. 如果有直播请求, 则相应请求直接向流媒体服务器推送本地的视频流, 同时更改数据库轮询状态表的这条记录, 将状态改为已处理. 当终端正在直播时, 查询到直播请求的轮询记录, 则直接修改这条轮询记录的状态. 通过基于轮询的视频请求算法, 可以使施工人员和监督管理人员顺畅交互, 达到随时按需要进行视频直播监督的目的.

2.2 施工端子系统

Android 施工端系统需要实时上传位置信息、施工信息、施工日动态到服务器; 可以将实时视频流推送到流媒体服务器上^[9]; 还可以将视频录像、拍照图片等上传到服务器. 功能上施工端子系统主要分为主页面、直播、录播、现场拍照等关键模块.

施工端主页面负责向后台管理服务器上传施工现场施工信息, 包括项目部、工程、施工现场、施工类型的选择, 施工开始、施工暂停、施工取消的操作. 直播模块可以向流媒体服务器推送视频流, 这样监督端和 web 端可以实时查看施工现场的情况. 录播模块则负责在施工现场网络信号不好时, 先离线录制视频, 然后网络通畅后再上传到服务器. 现场拍照, 然后通过选择指定的目录上传到服务器, 这样服务器可以通过这些目录路径管理现场照片.

施工现场的视频流直播和离线视频录制, 只能查看施工过程中的某些片段. 施工现场照片, 可以使现场施工人员按规定在各个施工的关键节点拍照上传, 并且在服务器端按照指定的目录路径管理现场照片. 这样, 管理人员可以管控和规范现场的整个施工过程. 但是, 施工现场在山区, 网络信号经常不好. 所以对现场拍照的照片来说, 能够成功上传到服务器非常重要. 施工端子系统采用的现场照片上传算法, 可以确保在各种复杂网络状况下, 施工终端都能够成功上传现场照片到服务器. 图 4 详细描述了现场照片上传算法.

当管理人员在现场使用施工终端拍照后, 照片会自动打上水印, 内容还包括工程名、杆塔号、持有人、施工类型等信息. 然后施工人员需要选择照片在服务器指定的保存目录, 这样服务器可以通过这些目录路径管理现场照片. 施工人员点击发送后, 主线程返回, 发起照片上传线程执行上传照片到服务器的操作. 如果照片上传成功时, 上传线程结束, 算法成功返回. 如果上传失败, 则线程挂起 15 s 后再重新上传, 直到照片上传成功后线程结束, 算法成功返回. 通过现场照片上传算法, 可以克服施工现场网络环境不好的情况, 确保照片正常上传.

2.3 监督端子系统

Android 监督端可以在地图上清楚地查看施工杆塔位置和施工端持有人所在位置. 点击对应图标, 可以查看杆塔信息和施工详细信息. 对杆塔和施工端, 可以导航到其所在位置. 还可以选择某个施工端, 查看其直播内容. 从功能上, 监督端子系统主要可以分为主页面、直播、导航等关键模块.

监督端 APP 软件主界面为电子地图界面, 地图中心位置本监督端所在地理位置. 触屏可手动放大缩小电子地图, 在地图中显示各工程杆塔地理位置与杆塔施工状态, 以及施工端的地理位置与施工状态. 导航模块, 可以帮助管理人员顺利到达施工地点. 直播模块与 web 子系统的直播模块类似, 可以直接查看现场的实时施工情况. 也可以通过基于轮询的视频请求算法, 通知现场施工人员进行视频直播.

3 实现的主要功能

3.1 GIS 位置实时监控

施工端软件模块准确定位施工人员的位置, 监督端和 web 端软件模块可以显示施工端所在位置、运动轨迹, 并可一键导航. 在无任何移动网络的环境下, 可正常进行施工操作、录制视频、拍摄照片等. 施工端保存这些信息, 在网络接通后, 自动上传到系统后台服务器相应位置. 施工端软件模块通过心跳连接,

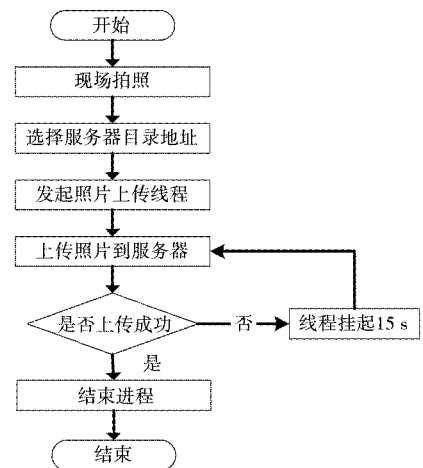


图 4 现场照片上传算法

自动上传了施工端的实时 GIS 地址给后台系统. 系统通过这些实时的终端 GIS 地址, 可以呈现出该终端的移动轨迹, 达到监督、管理现场施工人员的目的.

3.2 视频直播监控

系统的施工端软件模块可以录制视频, 拍摄照片, 自动上传、归档、存储, 并在拍摄照片右下角自动标记拍摄时间. 这些视频照片将以用户指定的目录存储在服务器, 并在 Web 管理端可以按各种不同的条件组合查询, 方便管理人员查看, 有利于管理者实时指导现场开展工作. 系统的 Web 端和监督端软件模块可向施工端软件模块发出直播请求, 施工端软件模块同意直播后直接进入直播页面. Web 端和监督端软件模块查看视频直播画面, 监督施工现场情况. 基于流媒体直播技术, 通过施工终端软件模块将施工现场的情况实时传送到软件后台, 使系统管理人员可以实时监控、监督、指导现场的安全施工. 同时系统具有现场视频回放功能, 后台系统自动保存实时直播视频, 施工人员也可以在施工端录制视频然后上传到系统服务器. 管理人员在 Web 端软件中可以查询、播放这些现场施工视频, 对现场施工进行有针对性的监督和指导.

3.3 施工信息实时管理

施工终端由现场施工人员持有, 在施工现场使用, 负责施工状态上传、位置信息上传、直播推流、现场图像图片上传等. 监督终端由现场管理人员持有, 负责查看施工状态、导航、直播监督等功能. 管理人员可以直接从 excel 表格导入施工计划. 施工人员每天的施工记录自动上传, 与管理人员实现录入的施工计划比对. 这样, 管理人员可以每天实时监控每个施工现场的施工是否符合其制定的施工计划. Web 管理端可以对日报和周报进行导出处理, 方便管理人员查看和归档. 施工人员现场通过系统进行无纸化办公、操作, 形成电子记录, 并实时上传、归档. 对应同进同出人员来说, 在施工终端上即可完成所有的资料上传和归档工作, 可以专注于施工现场工作, 提高工作效率.

4 结语

送变电工程施工现场安全实时管控系统基于视频流媒体直播技术开发, 可以让施工管理人员突破时空限制, 全面掌握工程施工现场的细节信息. 监督现场施工人员对安全管理制度的执行情况, 及时发现施工现场的安全隐患, 确保送变电工程的施工安全. 针对施工现场分散、现场环境信号复杂的情况, 施工现场实时管控系统可以实时、全面、高效地完成施工信息收集、上传、展示, 适用于各种复杂环境的施工现场. 系统各项功能达到项目的预期建设目标, 系统界面友好、功能强大、兼容性高、准确度高、涉及面广、技术跨度大、流程清晰, 符合验收测试规范的要求. 目前, 系统已在合作公司上线运行, 线上运行稳定, 能够很好地满足施工单位的使用需求, 可以有效地帮助业主单位提升送变电工程的施工安全和效率. 通过实时位置监控、视频直播监控、现场图片监控、周报日报管理监督等核心功能, 送变电工程在现场施工规范、施工信息归集、施工状态管理等方面均得到极大改善. 过去需要反复电话沟通, 反复发送邮件归集的信息, 在该系统中均可直接上传到服务器并归类管理, 过去因施工地点偏远而无法进行规范化安全施工管理的问题, 因系统的直播和现场照片监督而得到极大改善. 在后期的开发研究中, 将对系统的用户体验和性能进行进一步完善和优化.

参 考 文 献

- [1] 董玉友, 张钢. 建设项目施工现场实时监理影像信息系统[J]. 电子测量技术, 2007(8):198-200.
- [2] 覃国蓉. 基于 B/S 架构的软件项目实训[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] 谢红华, 陆以勤, 吕锦. 基于 3G 无线网络的高质量实时视频监视系统的设计[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(10):313-314.
- [4] 公福君. 基于 P2P 网络的视频直播系统设计与实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.
- [5] 廖宏越, 赵蓝兰, 周武章. 流媒体协议的研究与实现[J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(4):106-108.
- [6] Babosa. EasyDarwin [EB/OL]. (2012-03-13)[2016-11-25] <https://github.com/EasyDarwin>.
- [7] 朱莹. 基于 WEB 的视频直播系统的应用研究[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(4):968-970.
- [8] 沈婕. 网络课程直播中实时交互模式设计与技术实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.

[9] 袁晓梅. 视频网络直播与流媒体的融合[J]. 电视技术, 2003(12):82-84.

The Research and Development of Construction Site Safety Installation of Electricity Transmission & Transformation Facilities of Real-Time Control System

DAI Ping¹ WANG Jun-feng² WANG De-chang¹

(1. School of Computer and Software Engineering, Anhui Institute of Information Technology, Wuhu 241000, China;

2. Faculty of Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract The rapid progress of information technology, the application of the real-time video live monitoring technology is more and more widely. At present, because of the heavy construction and maintenance of power construction and production task, project management site supervision task amount is very larger to managers. To effectively solve the hard problem of safety supervision and management of construction site, we developed a visual safety supervision and management system of construction site based on GPS satellite positioning and real-time online mobile video broadcast technology. The system used the handheld terminal positioning results associated with effective electronic map to visualize the scene based on video online safety supervision and management platform. And the director of the construction site can broadcast live or record on site and also can feedback the site situation by the handheld devices. Project department manager and the company leadership and the supervision and management platform of remote monitoring can be the guidance of management and technical problems.

Key words safety supervision; mobile; broadcast live; information feedback; visualization

(上接第 71 页)

Analysis on Desertification of Degraded Riparian Forest in the Lower Reaches of Peacock River

LIU Jia-zhen¹ LI Wei-hong² CHEN Yong-jin¹ JING Hu-hui¹ MA Rong-zhen¹

(1. School of Environmental and Planning, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China; 2. Key Laboratory of Oasis Ecosystem and Desert Environment, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi, 830011, China)

Abstract Based on surveyed data in the lower reaches of Peacock River, the probability of desertification and characteristic of ecological degradation are analyzed, to provide important reference for restoration and remediation of desert riparian ecosystem. The results showed that (1) water quality of residual surface water is deteriorated due to Peacock River dry, the degradation of soil at the section far away from the water source is severe and the content of soil nutrient is low. Most of survival *Populus euphratica* are adult wood. Along the river, the mortality rate of *Populus euphratica* is increasing trend and greater the differentia of distribution among the survival trees are showed. (2) Three habitat types namely, oasis-desert transition zone, slight desertification zone and saliniferous desertification zone are divided by Cluster Analysis. Decision-tree model showed that *Populus euphratica* is the key factor to control desertification, the probability of slight desertification reach 16.7%, while the probability of heavy desertification would be 83.3% as less than 1% coverage of *Populus euphratica*,

Key words Peacock River; ecological degradation; riparian forest; desertification; decision tree