

赣州水文三维虚拟电子沙盘系统设计与实现

彭余蕙¹, 李明亮²

(1. 江西师范大学, 江西 南昌 330022; 2. 江西省赣州市水文局, 江西 赣州 341000)

摘要:随着水文站点的数量及其观测要素的不断增多,数据综合管理的难度加大,迫切需要寻求一种新的水文站点管理方式.本研究基于三维GIS平台,在物联网、多源数据集成、虚拟现实等技术的支持下,构建赣州水文三维虚拟电子沙盘系统.系统主要包含水文站网一张图建设、水文监测要素查看、三维场景浏览、水文分析模拟、富媒体场景展示等功能.实践表明:该系统对于赣州山洪灾害防御、水文测报和分析决策具有重要的示范意义.

关键词:水文;三维GIS;电子沙盘;物联网;VR

中图分类号:TP316

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2018)03-0212-06

0 引言

江西省是全国山洪灾害最为严重的省份之一。据2000~2010年资料统计,江西省因洪灾死亡284人,其中山洪灾害死亡226人,占洪灾死亡人数的近80%,几乎每年都会有不同程度的山洪灾害发生^[1]。赣州地形主要以丘陵盆地为主,起伏较大,多年年平均降水量为1576 mm,降水集中在4~6月份,且多短时强降雨。例如2015年上犹江紫阳站4h内降水达到210 mm。此外,由于毗邻福建省,受台风影响显著,易发生山洪地质灾害^[2]。

赣州市现有40个水文站,285个水位站,雨情遥测站1042个,水环境监测站99个,地下水监测站13个,墒情监测站97个,蒸发监测站10个。众多的水文观测站点为赣州生产生活及山洪灾害防御发挥了重要的作用。但不断增加的站点数量给水文管理带来了巨大的挑战,寻求一个能综合管理所有水文站点,进行数据集中分析展示的软件平台尤为迫切。

依托物联网、空间地理信息、虚拟现实、增强现实等技术构建一个立体可视化的电子沙盘系统,是当前研究的热点。三维电子沙盘以其立体视角、无级缩放、高精度场景模拟的特点,已经被广泛的应用到实际的生产生活中,发挥了重要的作用。谭树人^[7]等(2007)将增强

现实技术与传统电子沙盘进行改良展示,使用户可以实现多人协同交互的系统使用。沈萍月^[5]等(2011)建立浙江省电子沙盘气象应用系统,以ArcGIS Engine平台进行三维开发,构建了一个可动态气象分析的沙盘系统;刘媛媛^[4]等(2013)建立了广西防汛电子沙盘系统,对广西全境的河流、地形地貌、防汛工程、山洪灾害易发区域进行展示和综合分析;严一鸣^[6]等(2017)构建基于计算机视觉的交互式电子沙盘系统,实现基于激光点的沙盘动态交互式系统;综上所述,沙盘的研究集中在不同应用领域、多种地理信息集中展示、结合空间分析进行三维可视化呈现和采用高新技术进行交互式探索等,但在采用物联网技术和电子沙盘相结合进行实时动态分析预警等方面研究较少。本文基于物联网技术、数据库技术、SuperMap二次开发技术和虚拟现实技术构建赣州水文三维虚拟电子沙盘系统。

1 需求分析

1.1 业务需求

在当前水文工作开展过程中,主要通过文字、统计图表、监控视频等了解某个监测站点的实时水文情况,不能全方位、立体查看整个水文站网的空间格局、实时水文状况。如果能够依据赣州市水文站网构建赣州水文站网三维虚拟电子沙盘,就能直观展示水文站点与现

实一致的三维场景。通过物联网技术,接入实时水位数据,可以实时查看水文站点、监测点的淹没情况等水文测报信息,结合实时预警技术为水文部门提供第一手资料,帮助其做出及时有效的决策,减少不必要的损失。

1.2 系统需求

赣州市的降水分布具有季节性、集中性等特点,并且时常受到台风的影响。多丘陵地形下的山区小流域洪水具有来势猛、水量集中、预见期短、资料短缺等特点^[8],对其进行预警预报和防治一直是山区防灾减灾工作中的难点。因此,及时有效的监测和反映水文状况极其重要。

在水文观测过程中,涉及到的监测要素有十几种,包括水位、雨量、水温、泥沙含量、水质、流量等丰富的要素。而过去的水文观测设备都是单一部署的,数据观测也只有各软件厂商定制的软件,数据的集中观测展示非常不便,在数据分析整理和决策过程中较为繁琐,只透过数据表无法准确的进行水文环境分析,影响了水文工作的效率。

在传统水文信息系统的建立过程中,力图将水文要素的各种数据进行集中处理分析,例如洪水过程线分析、雨量动态分布和预测等。仅仅局限于二维呈现的系统难以满足当下对信息化系统建设的要求,因此通过二维地图和三维地形相结合的三维信息系统成为当前信息系统的主流。

本研究从赣州水文三维虚拟电子沙盘系统的建设出发,设计了以下的功能模块:

(1)图层管理。实现水文站网基础地理数据和专题数据的组织和管理。基于赣州市三维虚拟场景,使用三维虚拟引擎实现基础地理数据、水文专题数据、水文站点精细模型的统一集成管理,构建水文站网一张图。

(2)水文要素。包括站网信息查看、雨量等值面展示、周边水库查找、站网所属流域河流、水位涨势查看等。接入监测点的实时监测数据,动态信息查看。通过接入多源传感器设备采集的各类信息数据(包括视频数据、气象数据、水文数据等),并结合二三维地理信息数据和图表定制功能,实现对水文信息的精细化、实时化、可视化监测。

(3)漫游游览。基于多尺度遥感影像和地形数据,集成赣州市水文站点精细三维模型数据,构建水文站网三维地形地貌环境,支持平移、缩放、旋转三维漫游操作,提供多种专题信息展示效果,满足从宏观、微观、多角度浏览地形地貌真三维景观的要求。

(4)一键找河长。通过收集和记录赣州市各流域

河流的河长信息,实现一键查找该河段河流的河长,帮助管理者及时有效的协调安排各水文工作,保障河流的安全平稳运行。

(5)三维场景操作。系统提供了三维空间距离量测功能,包括地表距离量测、空间直线距离量测、水平距离量测、三维空间地表面积量测功能。同时提供场景的快速操作功能,包括视角控制、立体显示方式、飞行管理等功能。

1.3 数据需求

(1)水文站网数据。水文要素数据包包含基本水文站数据、中小河流站数据、水文站数据、雨量站数据、水库数据、河流数据等。

(2)实时监测数据。实时监测数据包包含所有来自水文自动监测设备采集的自动化数据、需要人工记录的定时数据等,为电子沙盘系统的实时数据分析和演算提供数据支撑。

(3)基础地理信息数据。①大比例尺地形和正射影像。地形系统采用中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台提供的30m分辨率基础地形数据。正射影像采用国家地理信息局“天地图”网站对外地理信息服务调用的方式获取。通过三维地理信息平台,将地形数据和正射影像数据有机的结合起来,构架大比例尺的三维地形场景。②水文站点河道高精度三维激光扫描仪数据。为了满足更高数据精度的需求,采用激光扫描仪进行关键区域河道、水文观测站点的高精度地形、建筑的扫描,构建模型和影像数据进行叠加综合显示,满足高精度的数据浏览需求。

(4)专题数据。其他的三维显示功能需要专题数据的支持,一键找河长功能需要河长制专题数据;天气模拟需要气象专题数据;雨量模拟需要雨量专题数据。

2 关键技术

2.1 物联网技术

物联网是指通过众多信息传输设备,包括传感器、电子计算机、Internet、RFID设备、红外线感应设备等,组建一个物物相联系的系统,实现物物之间数据交换和通信的一种技术^[9]。水文观测网络中,有许多的自动化监测设备,其数据都可直接通过网络进行传输,通过物联网技术将气象观测站、水文观测站等丰富的信息接入到电子沙盘系统,能够实现数据的同步显示、叠加分析、综合计算等功能。

2.2 缓存技术

缓存技术是在地理信息系统中普遍采用的一种快速图形显示技术,包含二维矢量数据的缓存、三维模型的缓存、栅格影像的缓存、地形缓存等多种缓存。其采用的缓存显示策略主要有两种:1)一种是基于不同比例尺(分割尺度)的数据缓存技术,通过对不同比例尺下的数据(二维矢量数据、三维影像数据)进行不同尺度下的信息缓存,逐级分割的形式,实现数据的快速显示需求。2)一种是基于图像细节层次的 LOD (Levels Of Details) 技术^[10],依据人眼视觉的分辨率要求,构建多分辨率细节模型,实现三维模型等数据的快速显示。

2.3 虚拟现实技术

虚拟现实技术是一种采用计算机模拟技术,在虚拟现实硬件和软件的支持下,综合利用地形数据、影像数据、三维建模数据和动态模拟数据构建一个模拟现实地理环境的三维虚拟空间。

本系统基于 SuperMap 三维引擎,实现多源数据的整合,采用 SuperMap iServer 组件式服务,开发基于 B/S 架构的水文三维虚拟系统,使用户能够深入场景中,任意浏览查看地理环境,更好的开展水文模拟、决策。

2.4 JSON 和 Ajax 技术

JSON (Java Script Object Notation) 是一种非常简单且便于阅读的数据交换格式,机器解析和生成快速,是一种很实用的数据交换语言。在 JSON 的规则下,所有的数据都被当成对象来处理,网络传输效率非常高^[11]。

Ajax 是在浏览器端用来发送和接受 JSON 格式数据的交互式网页开发技术。该技术能够实现网页内容的局部更新,这使得三维虚拟电子沙盘系统的运行和持续稳定工作成为了可能。

3 系统设计与实现

3.1 系统功能

结合需求分析的基本内容,从赣州水文站网一张图的管理,水文观测工作开展的需要出发,划分了场景体验、信息查询、分析模拟和富媒体信息展示等四大模块。在业务层面上,主要包含了场景漫游、模拟飞行、站点查询、水文要素查询、洪水模拟、全景浏览等功能。具体的功能模块划分如图 1 所示。

3.2 系统架构

系统以主流的地理信息系统平台为框架,采用基于 B/S 架构的 WebGIS 框架构建赣州水文三维虚拟电子沙盘系统。该架构相较于过去的 C/S 架构,省去了繁

琐的客户端操作,将所有要表现的内容全部放置于前端 Web 页面,采用 .NET framework 框架进行构建,能够稳定运行于各种版本系统中,而仅仅需要在服务器端进行数据的整理和服务的更新操作。具体的系统架构见图 2。

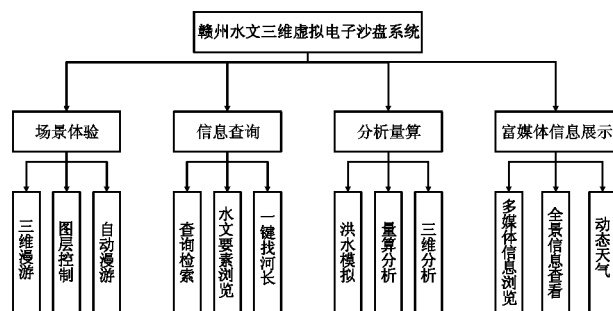


图1 赣州水文三维虚拟电子沙盘系统结构

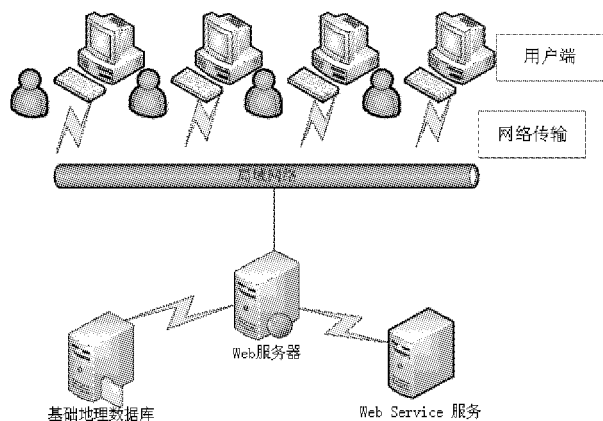


图2 赣州水文三维虚拟电子沙盘系统架构

3.3 体系结构

系统采用 SOA 体系构建,通过服务总线,将所开发的各业务系统功能紧密结合起来,服务之间的通信采用 XML 格式的消息机制,为系统未来的升级和扩展提供极大的灵活性。详细平台架构见图 3。

系统软件设计采用分层架构技术,以通用性、稳定性定层次,同一层次以功能划分,以上层服务为导向,逐级设计,逐步细化平台组件的颗粒度。整个系统架构从逻辑上分为基础设施层、数据层、支撑层、应用层和用户层。

3.3.1 基础设施层

基础设施层提供系统的网络设施、服务器设施、三维虚拟引擎、存储设施、安全设施、输入/输出设施等,也包括保障这些硬件设施正常运行的基础软件环境(如:

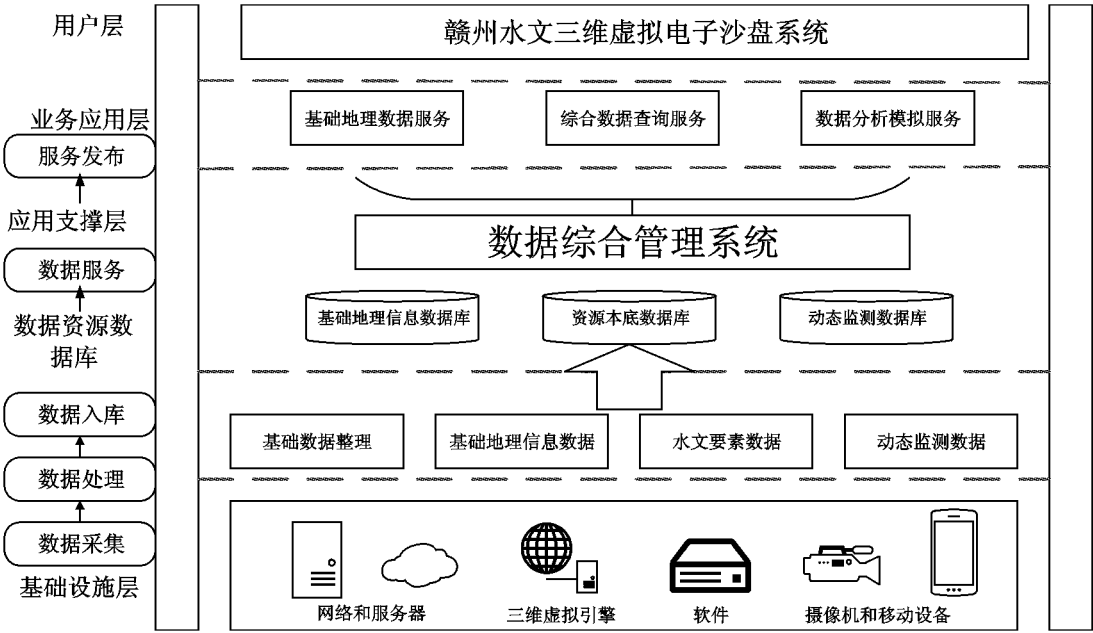


图 3 赣州水文电子沙盘系统架构

操作系统等),基础设施层构成系统的软硬件设施基础,保证数据的安全存储、高效管理和快速传输,也为整个软件系统提供了安全、高效和稳定的运行环境。

3.3.2 数据资源层

数据层是系统的核心。对来自不同信息源、不同类型的数据进行梳理并进行规范化处理,建立水文综合数据库,实现不同数据源的信息的相互关联、集中管理、集中访问,面向业务系统提供数据服务,并建立相应的数据更新、共享、发布保障机制(标准规范、流程、制度等)。

3.3.3 应用支撑层

应用支撑层是业务应用系统建设的重要组成部分,它提供了业务应用层中各业务子系统所必需的基础功能的实现,提供基础功能支撑基础产品、组件和服务,为系统提供了可重用的标准化底层功能实现,从而使系统的功能构建更快速、更健壮、更易于扩展。支撑层主要有三维 GIS 平台、数据库系统等。

3.3.4 业务应用层

业务应用层是根据用户需求建设的业务应用系统,主要包括基础数据查询展示、水文要素浏览、数据分析和模拟等功能。

3.3.5 用户层

用户层是指使用本系统的用户,包括水文管理部门的领导、各业务科室的业务人员以及系统的管理员等,对业务人员依据办公需要进行角色分类,根据用户的角

色和权限访问对应的业务系统

3.4 具体实现

在充分确定了系统架构和软件体系之后,着手开始系统的具体实现工作。以 SuperMap 三维 GIS 为平台,结合物联网技术,在 SQL server 数据库技术、JSON 和 Ajax 技术的辅助下,构建 B/S 架构的赣州水文三维虚拟电子沙盘系统。

多源数据入库。基础地理信息数据库采用动态监测数据,通过物联网技术,将流速仪、自动测流仪等自动化监测设备监测的数据统一汇总到 SQL 数据库中集中管理。手动测量的数据,采用人工电脑录入的方式,在指定的时间内汇总到数据库中,实现水文站网观测数据的全要素管理。

三维 GIS 服务发布。SuperMap GIS 采用多源数据无缝集成技术(SIMS, Seamless integration of Multi-source Spatial-date),不同数据由不同的数据库格式进行管理,具体包括 SDB、DGN、SDX、DWG 等特殊的数据管理引擎,保证了对多源数据的无缝访问。平台可针对不同的使用需要进行服务发布,基础数据的外部访问采用数据服务这一功能进行发布,基于自有 iServer Manage 工具进行网络服务发布和管理,并封装成可对外使用的服务接口供用户调用。

在浏览器端对网页内容进行编排整理,基于 JSON 和 Ajax 技术完成服务的调用和数据的集成更新,构建一个可局部自更新的三维虚拟电子沙盘系统。主要包

含:场景体验、信息查询、分析模拟、富媒体信息展示等四大功能模块。

(1)场景体验。利用主要干流危险区水文站点的三维空间数据测量成果,结合外业测量采集的点云数据、纹理数据等综合构建三维虚拟场景,实现基础地理数据、水文专题数据、水文站点精细模型的统一集成管理。据此提供三维场景的平移、缩放、旋转等三维漫游操作,满足微观、宏观、多角度的场景交互浏览体验。实现二三维数据的充分融合显示,可根据需要选择不同的图层进行展示,并提供丰富的专题图浏览效果,保证用户的浏览体验。

(2)信息查询。包括站网信息查看、雨量等值面展示、周边水库查找、站网所属流域河流、水位涨势查看。接入监测点的实时监测数据,动态信息查看。通过接入多源传感器设备采集的各类信息数据(包括视频数据、气象数据、水文数据等),并结合二三维地理信息数据和图表定制功能,实现对水文信息的精细化、实时化、可视化监测。

(3)分析模拟。基于实地测量数据,结合水文要素的实际数据情况,通过模拟系统,自动在该要素所在的观测站点、河流处进行模拟反馈,使用户可以清晰的了解到与河道实际情况接近的水文信息,可以方便的为水文预警、灾害评估等提供参考。水文分析预警过程以标记点、颜色区分、实际的水文观测要素变化等形式进行呈现。下面以水位分析模拟、山洪预警进行功能页面展示,见图4、图5所示。



图4 水文站实时水位模拟

(4)富媒体信息展示。采用多媒体展示技术,集成声音、文字、图片等信息,结合富有表现力的720°全景技术,让电子沙盘系统能够全方位的营造沉浸感,虚实结合,带来全面的沙盘浏览体验。见图6和图7所示。

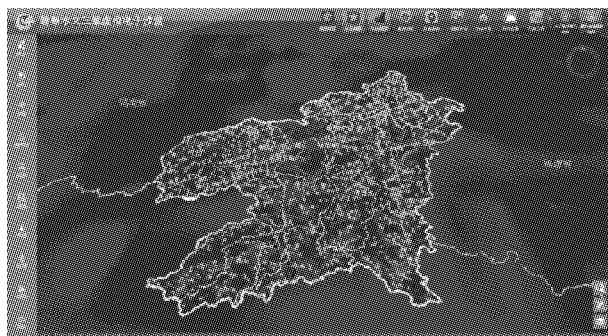


图5 山洪预警分布图



图6 坝上水文站720°全景



图7 水文站导览

4 总结与讨论

赣州水文三维虚拟电子沙盘系统成功地将传统实体沙盘可纵览全局的特点和现代化水文观测手段相结合,运用物联网、人机交互实现了基于B/S架构的三维虚拟电子沙盘系统开发。该系统对于赣州水文山洪灾害防治、水文测报、领导会商决策,甚至水文科普都有积极的实践意义。

系统对于实时的水文观测数据具有很好的展示和分析模拟能力,但在对未来的趋势演变方面还缺乏较为准确的模型支撑,未来如果能把水文预报模型和系统结合起来,配合三维电子沙盘写实的效果模拟,将会使三

维虚拟电子沙盘系统更加准确及时的服务于水文预警工作,全方位保障人民的生命财产安全。

尽管三维电子沙盘能够将真实的地形、高分辨率遥感影像甚至三维模型数据等加入到系统中,并将其三维环境呈现在我们面前,但对于追求完全沉浸式的体验来说还有很长的距离,受限于设备和硬件性能,没能将虚拟现实头盔接入到系统中,未来在条件允许的情况下,引入虚拟现实设备将能够给人更加完美的沙盘体验。

参考文献:

- [1] 雷声. 江西省山洪灾害防治项目概述[J]. 江西水利科技, 2015, 41(3): 179 ~ 181.
- [2] 刘明荣, 陈光平, 杨小明. 赣州市山洪地质灾害特征研究与防治对策[J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(2): 31 ~ 35.
- [3] 刘媛媛, 刘舒, 苑希民, 等. 广西防汛三维电子沙盘系统建设[J]. 中国防汛抗旱, 2013(6): 11 ~ 13.
- [4] 沈萍月, 毛颖达. 浙江省电子沙盘气象应用系统[J]. 气象科技, 2011, 39(1): 87 ~ 90.
- [5] 严一鸣, 郭星. 基于计算机视觉的交互式电子沙盘系统研究[J]. 计算机技术与发展, 2017, 27(6): 195 ~ 198.
- [6] 谭树人, 张茂军, 程钢, 等. 增强现实电子沙盘及关键技术研究[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(20): 4727 ~ 4730.
- [7] 陈真莲. 小流域山洪灾害成因及防治技术研究[D]. 华南理工大学, 2014.
- [8] 傅智卿. 物联网技术在智慧校园中的应用[J/OL]. 中国战略新兴产业, (2017-03-09). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1156.F.20170309.1635.034.html>. DOI: 10.19474/j.cnki.10-1156/f.000630.
- [9] 胡志蕊, 祝国瑞, 徐智勇. LOD技术与制图综合在多尺度地图适时显示中的应用研究[J]. 测绘科学, 2006, 31(5): 78 ~ 79.
- [10] 龚建华. JSON格式数据在Web开发中的应用[J]. 办公自动化: 综合月刊, 2013(10): 46 ~ 48.

编辑: 张绍付

The design and implement of Ganzhou hydrological 3D virtual electric sand table system

PENG Yuhui¹, LI Mingliang²

(1. Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;

2. Ganzhou Municipal Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Ganzhou 341000, China)

Abstract: As long as the rising of hydrological sites and it's observation elements, the harder of dates integrated management, there is an urgent need for a new way of site management. Our research based on 3D GIS, under the supports of Internet of things/multisource date integration/VR, etc. set up a Ganzhou hydrological 3D virtual electric sand table system. It main includes construction of one map of hydrological station network/ check of the hydrological monitoring elements/ the view of 3d scenes/ hydrological analysis and simulation/rich media scene shows and so on. Practice shows, the system has modeling significance to the defense of Ganzhou hill - flood disaster/hydrological measuring and report/analyzing and making policy.

Key words: Hydrological; 3D GIS; Electronic sand table; Internet things; VR

翻译: 彭余蕙