

doi: 10.3724/SP.J.1201.2013.06071

# 农村水利工程综合管理系统的研究与应用

刘海燕<sup>1</sup>, 刘晓民<sup>2</sup>, 魏加华<sup>1</sup>, 万 峰<sup>3</sup>

(1. 清华大学 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室, 北京 100084; 2. 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018; 3. 内蒙古自治区水利厅 水资源处, 呼和浩特 010020)

**摘要:** 为提高农村水利工程的监测和管理的自动化水平, 解决应用系统之间不能互连互通等问题, 研发了集信息采集、监测、网络传输、应用以及信息决策于一体的农村水利工程综合管理系统。该系统基于物联网体系架构了系统框架并采用 SOA 和 ESB 技术建立了应用支撑平台。应用结果表明, 该系统不仅能够提高农村水利工程的管理水平, 而且可对农村水利的科学决策提供有效技术支持。

**关键词:** 物联网; SOA; ESB; 农村水利; 水利工程监测; 水利信息化

**中图分类号:** TP399 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)06-0071-04

## Research and Application of Comprehensive Management System for Rural Water Conservancy Project

LIU Haiyan<sup>1</sup>, LIU Xiaomin<sup>2</sup>, WEI Jiayua<sup>1</sup>, WAN Zheng<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Hydrosience and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Water Conservancy and Civil Engineering College of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

3. Department of Water Resources, Inner Mongolian Autonomous Region, Hohhot 010020, China)

**Abstract:** In order to improve the automation level of monitoring and management of the rural water conservancy projects and to solve the problem of unable to interconnect between different application systems, the comprehensive management system of rural water conservancy project was developed in light of information collection, monitoring, network transmission, application, and information decision making. The system framework was established based on the architecture of internet of things, and the SOA and ESB technology were used to build the application support platform. The application results showed that the system can not only improve the management level of rural water conservancy project, but also provide effective support for the scientific decision making of rural water conservancy.

**Key words:** internet of things; Service Oriented Architecture; Enterprise Service Bus; rural water conservancy project; hydraulic engineering monitoring; water resources informatization

近年来,为提高农村水利工程的管理水平,满足水利现代化建设要求,一些应用软件应用到农村水利信息化建设中,如集成GIS、人工智能、数据库等技术,基于B/S架构,通过对农村水利信息进行采集、存储、传输、共享、管理和分析,建立的以知识库、方法库、模型库、数据库为主要技术模块的农村水利综合管理与决策系统<sup>[1]</sup>;基于三层C/S体系架构,设计的灌区水资源调度管理信息系统<sup>[2]</sup>;利用信息化技术手段,在总结传统水资源管理经验并准确掌握流域相关信息基础上,开发完成的包括流域三大水库联合调度、地下水三维

仿真、洪水预报调度、灌区闸门监控、灌区水量数据采集、办公管理信息等综合内容的信息化管理系统<sup>[3]</sup>;以GIS软件MapInfo Professional 6.0以及MapX4.5和Visual Basic 6.0作为系统的开发软件,建立的一个具有实用性和可行性的灌溉预报信息系统<sup>[4]</sup>。这些软件均促进了农村水利信息化的发展<sup>[5-6]</sup>。但是,由于缺乏统一规划和管理,在软件开发过程中存在着一些共性的问题,如:各系统由于建设年代不同,C/S与B/S架构并存、Java和.Net与其他工业组态软件并存,而各应用系统独立开发,造成很难有效整合的问题;没有统一

收稿日期: 2013-03-25 修回日期: 2013-08-16 网络出版时间: 2013-10-10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20131010.1029.026.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(51209119); 水利部公益性行业可研专项经费(201201050); 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室科研课题(2012-KY-05)

作者简介: 刘海燕(1978-),女(蒙古族),内蒙古呼和浩特人,高级工程师,博士,主要从事水利信息化方面的研究。E-mail: lhy\_lj@sina.com

通讯作者: 魏加华(1971-),男,陕西汉中,人,研究员,博士,主要从事水资源管理、调度及水利信息化等方面的研究。E-mail: weijiahua@tsinghua.edu.cn

的应用开发框架,兼容性较差,信息不能有效共享,人为地制造了“信息孤岛”现象;各系统应用目标单一、缺乏信息共享与联动,难以满足行业管理决策的支持需求等问题,这些现象均制约了农村水利信息化管理软件开发技术的大规模、高质量发展<sup>[7-9]</sup>。

为解决上述问题,本文研发了包含完备的监测、仿真、诊断与预警、调度与处置、信息决策体系和智能综合指挥平台的农村水利工程综合管理系统,并提出了基于 SOA<sup>[10]</sup> (Service Oriented Architecture, 面向服务的体系结构) 和 ESB(Enterprise Service Bus, 企业服务总线) 的统一支撑平台,来解决农村水利在信息化建设过程中出现的各业务应用系统之间互通信息困难、缺乏有效的数据共享、无法实现不同系统业务流程的集成等问题。

## 1 系统总体设计

农村水利工程综合管理系统是一个集底层设备适配采集方案、信息综合传输方案、设备远程监控方案、工程全过程管理方案为一体的综合性信息管理系统。系统的整体结构从信息发布门户以下,按照物联网的体系结构分为感知层、网络层和应用层。其总体结构见图 1。

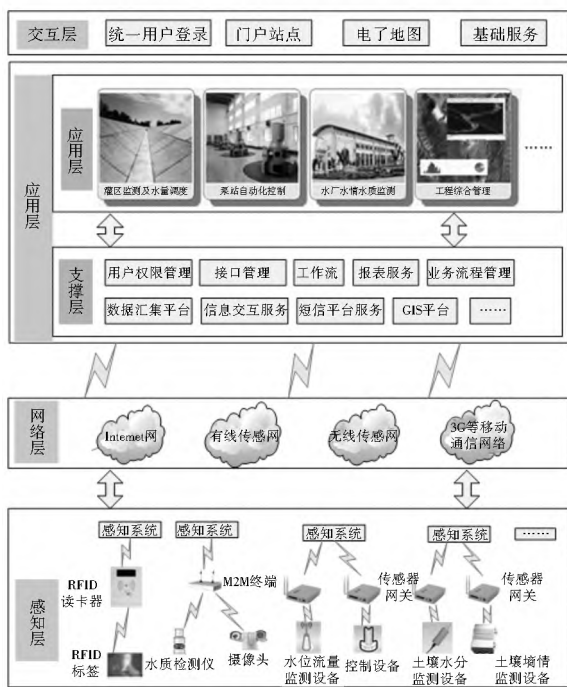


图 1 农村水利工程综合管理系统总体结构

Fig. 1 The overall structure of the comprehensive management system for rural water conservancy project

### 1.1 感知层

感知层用于实现对物理世界的智能感知识别、信息采集处理和自动控制,并通过通信终端模块将物理实体连接到网络层和应用层<sup>[11-12]</sup>。感知层主要包括二维码标签和识读器、视频识别标签和读写器、监控探头、手机、GPS (Global Positioning System, 全球定位系统)、RS(Remote Sensing, 遥感)、M2M (Machine to Machine, 传感器及物对物)、传感器网络和传感器网关等设备。该层在终端系统中的应用主要表现为

信息的监测和采集,即,通过射频识别标签实现物体静态属性的标识,精确定位物体;对泵站、灌区进行实时监测和信息传输等,包括常规监测泵站等的水位、水量、水质状况,以及监测工程的变形情况和闸门的开度。

### 1.2 网络层

网络层负责传递和处理感知层获取的信息,主要包括光纤、同轴、网线等有线传输链路及传输设备,还包括微波、无线电、GPRS、3G 等无线传输链路。各种监测数据通过网络层向监控指挥中心发布数据,指挥中心对获取的数据进行提炼和挖掘,将这些信息辅助于调度实践。

在本系统中对于近程监测和控制设备,采用有线链路进行数据传输,主要采用光纤、同轴电缆、网线等;对于中、远程设备,采用无线电数传、微波扩频、GPRS、2G/3G/4G 无线通讯网络等技术,实现其于采集中心信息交互。

### 1.3 应用层

应用层将物联网技术与行业领域相结合,利用现有的手机、PC (Personal Computer, 个人计算机)、PDA (Personal Digital Assistant, 掌上电脑) 等终端实现广泛智能化应用<sup>[3]</sup>。根据物联网的概念和结构层次,该层是物联网技术具有专业应用的关键步骤,作为数据存储、处理、分析和应用的平台,主要为农村水利提供决策支持信息服务,实现开发灌区水量监测及调度、泵站智能自动化控制、农村饮水安全监测、工程综合管理等应用。

### 1.4 交互层

交互层作为农村水利工程综合管理平台的窗口,为内部用户与公众提供一个交流的平台。在交互层,系统采用 RIA (Rich Internet Application, 富互联网应用程序) 领域中成熟的 Flex 应用程序框架。与传统的 WebGIS 应用不同, Flex 系统的客户端运行环境支持快速的客户端交互,在通信中只传输已更改的部分数据,无需刷新整个业务,因此提供了更快的客户端响应速度和更好的用户体验。另外,基于富客户端技术的 WebGIS 应用还可以利用客户端计算资源进行运算,将原本在服务器上执行的简单、安全的部分计算交由客户端完成,既可以减少客户端与服务器间的交互,又可以减轻服务器负载,提高系统效率<sup>[14-15]</sup>。

总体来讲,物联网技术与农村水利工程的结合就是将无线传感网络与现有的计算机通信网络及网络运营管理能力相结合,实现监测网络的无缝覆盖;实现全天候的实时动态监测,极大地避免了数据丢包及通信中断等情况的发生,为农村水利工程综合管理在线实时监控及预警提供准确、实时、稳定的数据;实现监测、预警、计算、反馈过程的自动化管理,做到信息实时获取、有效预警、自动智能反馈任务分配,以及信息处理的自动化,提高监测和管理自动化水平,促进管理效率的提高。

## 2 基于 SOA 和 ESB 的应用支撑层

在水利信息化建设过程中,各业务应用系统大多数是封闭的,缺乏开放性、灵活性和集成性。虽然一些系统之间可以实现数据的交流,但是要较大范围地实现数据共享,还需要做大量的转换工作。由于各个应用系统采用了不同平台

技术体系,它们之间缺乏统一架构与接口标准,这样的信息系统难以满足应用之间的互通、互操作、业务协作以及数据共享等需求,呈现许多信息孤岛,因而实现功能级别的资源共享更加困难。

在系统中,采用基于 SOA 和 ESB 的统一应用支撑平台集成或继承已有的农村水利工程系统,实现不同业务系统流程的集成,同时也方便扩充新的业务系统功能,为业务应用建设、信息资源整合及信息交换与业务协同提供各类公共服务。采用松耦合、易扩展的设计思路,使平台本身具有很强的可扩展性。利用一个服务替换另一个服务而无须关心其底层的实现技术和服务的位置,唯一要考虑的就是服务接口。在本系统中,服务接口采用了通用的 Web 服务和 XML 标准。图 2 是本系统的支撑平台架构。

统一应用支撑平台分为基础支持平台、应用服务基础架构、应用服务框架三层结构,并采用了服务的形式来包装实现应用基础架构层与应用服务框架层中的各个功能组件,使其成为 ESB 上可以实现互操作与互通信息的标准服务。基于标准的服务成为应用间的集成点,通过 ESB 任意服务之间可以实现互通、互操作。服务的编排和组合增加了服务的灵活性、重用性和集成性,为应用的接入和业务流程重组提供了方便灵活的方式。

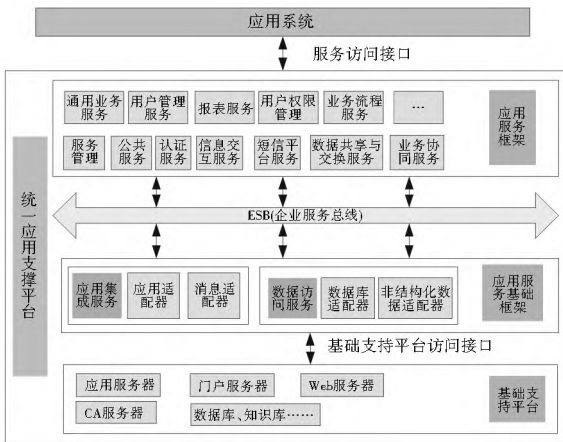


图 2 基于 SOA 和 ESB 的统一应用支撑平台

Fig. 2 United application support platform based on SOA and ESB

### 3 系统功能结构设计

农村水利工程综合管理系统主要由业务服务子系统与决策支持子系统组成。系统功能模块具体见图 3。

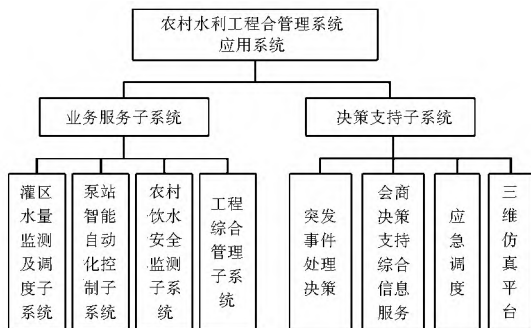


图 3 应用系统功能

Fig. 3 Functional diagram of application systems

在业务服务子系统中,灌区水量监测及调度子系统主要由基础信息管理、水费征收管理、需/配水计划管理、渠道实时监测等组成;泵站智能自动化控制子系统主要由基础信息管理、信息实时监测、信息预警与告警、设备运行控制等组成;农村饮水安全监测子系统主要由流量监测和水质监测等模块组成;工程综合管理子系统主要由项目申报审批、项目过程跟踪、项目验收管理、运行情况跟踪、工程综合分析等模块组成;决策支持子系统主要由突发事件处理决策、会商决策支持综合信息服务、应急调度与三维仿真平台组成。

## 4 系统实现与应用情况

### 4.1 系统实现

在本系统中,应用层实现采用以 J2EE 为核心的层次化体系结构,基于 BPM (Business Process Management, 业务流程管理) 和 BRM (Business Rules Management, 业务规则管理) 引擎,实现界面表现层与业务逻辑层分离、业务逻辑层与应用组件层分离、应用组件层与数据访问层分离、数据访问层与数据存储层的分离,支持统一的权限管理和认证机制以及统一的门户接入。在应用集成上,农村水利综合管理系统遵循融合、集成和过渡相结合的核心设计理念。一方面,对于数据耦合度较高的业务支撑系统在数据存储和数据访问层进行整合,通过统一的共享信息和数据模型形成统一的整体;另一方面,对于数据耦合度不高的业务系统遵循应用集成架构或服务总线,采用标准的协议对外暴露服务或事件,并基于 SID (Shared Information Data Model, 共享数据模型) 和 BPM 引擎,来实现系统间的互联互通、信息共享和流程协同。

### 4.2 系统应用

本系统在宁夏汉延渠灌区进行了应用。在灌区内完成信息采集系统的建设,并利用 CDMA/GPRS 无线网络与 Internet 网络相结合的技术,将各个节点的计量数据、感应水位、水量、水质等实时地传输到数据中心,将无线技术、感知层技术与新型应用有效结合起来。系统通过丰富的报表、多维分析方法对实时监测数据和历史数据进行分析,对突发事件做出决策。

应用结果表明,通过本系统进行工程管理,产生的投资以及维护成本每年可节省 20%;对灌区、泵站管理可以实现人工与自动化相结合的方式,节省了人力成本,提高了灌区各项工作的效率。该系统有效地提高了汉延渠灌区信息管理的现代化水平,为实现灌区现代化管理和信息资源共享奠定了基础,对推动汉延渠灌区的发展有着重要的作用。

## 5 系统优势

(1) 基于物联网应用基础框架可实现资源共享和高效利用。基于物联网应用基础框架利用物联网对灌区、泵站、水厂全流程进行监控,通过基于 SOA 与 ESB 的应用支撑平台实现资源共享和高效利用,可有效地整合农村水利工程各类服务、降低重复工作的损耗。基于物联网应用基础框架使平台能够很好地适应快速增长的业务处理需求,能够大大减少工程管理产生的投资及维护成本,也能够关联多种数据并进行深层次数据挖掘与分析,为管理者提供决策性提案。

(2) 实现了海量数据集中管理和并发访问。系统将遥感影像、不同比例尺 DEM、综合管网数据及其属性表统一存储在关系型数据库中,将海量的空间数据与属性数据集成在一起,不仅实现数据的一体化管理,而且还充分运用关系数据库对用户权限管理的功能,既满足用户数据共享和数据并发访问的需要,又能保证系统的安全。空间数据引擎具有对空间数据建立索引、集中管理和分块导入等特点,大大加快了对空间数据访问的速度,从而使海量数据的操作变为现实。另外,客户端对数据库中的数据的浏览速度取决于服务器和网络,而与客户端机器的配置关系不大,从而减轻用户的投资和维护费用负担。

(3) 系统具有良好的可扩展性。系统的良好可扩展性是多种技术优势的综合体现:协议适配技术支持接口协议的扩展、基于 SOA 的业务模型组件技术支持模型的可扩展、分布式处理技术支持系统规模的可扩展。

## 6 结语

本文设计了可扩展的、灵活配置的智能农村水利工程综合管理系统:利用物联网技术,提高了对灌区、泵站的监控能力;通过移动通信网络、无线局域网、固定通信网络等多种网络接入方式访问,用户能够随时随地享受到丰富的灌溉管理服务;采用基于 SOA 与 ESB 为基础的应用支撑平台,解决了应用系统之间无法实现互联互通的问题,避免“信息孤岛”问题的出现,实现了资源的高度共享。农村水利工程综合管理平台的建设还实现了跨地区的业务和管理的协同,以及实现高级的辅助决策功能,为科学管理和决策提供了有效支撑。

### 参考文献(References):

- [1] 李锐,仲跃,王璐,等.基于 Web GIS 的农村水利管理与决策系统综述[J].自动化与仪表,2004,19(5):1-4. (LI Rui, ZHONG Yue, WANG Lu, et al. Survey of Management and Decision making System for Rural Water Conservancy Based on Web GIS[J]. Automation & Instrumentation, 2004, 19(5): 1-4. (in Chinese))
- [2] 赵同心.灌区水资源调度管理信息系统的分析与设计[D].西安:西安建筑科技大学,2009. (ZHAO Tongxin. The Analysis and Design on Irrigation Area Water Resources Dispatch Management Information System[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2009. (in Chinese))
- [3] 马德海,马乐平.甘肃疏勒河灌区信息化管理系统研究及应用[J].水利水电科技,2010,41(10):41-46. (MA Dehai, MA Le ping. Research and Application of Information Management System for Shule River Irrigation Area[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2010, 41(10): 54-55. (in Chinese))
- [4] 王策,刘贵德,封晨辉.基于 MapX 的灌区灌溉预报信息系统的建立及初步应用[J].南水北调与水利科技,2007,5(3):54-55. (WANG Ce, LIU Gui de, FENG Chen hui. Establishment and Application of Irrigation Forecasting Information System Based on MapX[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2007, 5(3): 54-55. (in Chinese))
- [5] 王徐冬,于树利.农业灌区信息化系统的设计与实现[J].华北水利水电学院学报,2008,29(9):13-15. (WANG Xu dong, YU Shu li. Research on Design of Agricultural Irrigation District Information System[J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, 2008, 29(9): 13-15. (in Chinese))
- [6] 倪文进.中国农村水利发展状况与科技需求[J].农业工程学报,2010,26(3):1-8. (NI Wen jin. Development and Technology Requirement of China Rural Water Conservancy[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(3): 1-8. (in Chinese))
- [7] 谢崇宝,张国华,高虹,等.我国灌区用水管理信息化软件系统研发现状[J].节水灌溉,2009,(2):8-10. (XIE Chong Bao, ZHANG Guo Hua, GAO Hong, et al. Actuality of Irrigation Water Management Information System Development in China[J]. Water Saving Irrigation, 2009, (2): 8-10. (in Chinese))
- [8] 李翊,梁川.都江堰灌区水资源优化调度系统研究[J].应用基础与工程科学学报,2007,15(4):466-472. (LI Yi, LIANG Chuan. Study of Water Resources Optimization in Dujiangyan Irrigation District[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2007, 15(4): 466-472. (in Chinese))
- [9] 常志华,成建国.水利信息化资源共享与整合机制体制调研[J].水利信息化,2010,(2):36-39. (CHANG Zhi hua, CHENG Jiar guo. Investigation and Research on Resources Sharing & Integration Mechanism and System for Water Resources Information[J]. Water Resources Information, 2010, (2): 36-39. (in Chinese))
- [10] 张永进,解建仓,蔡阳,等.对水利应用支撑平台的建议[J].水利信息化,2011,(1):10-13. (ZHANG Yong jin, XIE Jiar cang, CAI Yang, et al. Suggestion on Water Application Support Platform[J]. Water Resources Information, 2011, (1): 10-13. (in Chinese))
- [11] 朱洪波,杨龙祥,于全.物联网的技术思想与应用策略研究[J].通信学报,2010,31(11):2-9. (ZHU Hong bo, YANG Long xiang, YU Quan. Investigation of Technical thought and Application Strategy for the Internet of Things[J]. Journal on Communications, 2010, 31(11): 2-9. (in Chinese))
- [12] 蒋云钟,冶运涛,王浩.智慧流域及其应用前景[J].系统工程理论与实践,2011,31(6):1174-1181. (JIANG Yun zhong, YE Yun tao, WANG Hao. Smart Basin and Its Prospects for Application[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2011, 31(6): 1174-1181. (in Chinese))
- [13] 胡永利,孙艳丰,尹宝才.物联网信息感知与交互技术[J].计算机学报,2012,35(6):1147-1163. (HU Yong li, SUN Yan feng, YIN Bao cai. Information Sensing and Interaction Technology in Internet of Things[J]. Chinese Journal of Computers, 2012, 35(6): 1147-1163. (in Chinese))
- [14] CHEN Cheng, SHEN Beijun, GU Yuqing. A Flexible and Formalized Process Modeling Language[J]. Journal of Software, 2002, 13(8): 1374-1381.
- [15] 邓停东.基于 Flex 与 J2EE 集成的 RIA 系统的研究与实现[D].成都:西南交通大学,2009. (DENG Ting dong. Study and Implementation of RIA System Based on Flex Integrating J2EE[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2009. (in Chinese))