

# 基于 GIS 的数字流域系统集成研究\*

施松新, 董朝霞, 王 乘

(华中科技大学 水电与数字化工程学院 仿真中心, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 以所承担的数字清江课题为背景, 介绍了基于 GIS 技术的清江流域水文水情分析仿真及梯级优化调度系统集成的解决方案, 分析了数字流域系统集成的体系结构及解决方案, 重点讨论了基于 GIS 技术系统集成平台总体结构设计及相关的关键技术、系统软件功能设计和实现等问题。

**关键词:** 数字流域; 地理信息系统; 系统分析与集成

中图法分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1001-3695(2005)03-0043-02

## Integration Research of GIS-based Digital Valley System

SHI Song-xin, DONG Zhao-xia, WANG Cheng

(Digital Engineering Research Center, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** An integration solution of a water level emulation and cascaded hydroelectric scheduling system is introduced in this paper, with anglicizing the main contents of digital valley system, mainly discussing the framework, system design, function design, and relative key technologies of the integrated systems in detail.

**Key words:** Digital Valley; GIS; System Analysis and Integration

数字流域是一个巨大的系统工程, 根据数字流域的基本思想, 可以将其划分为数字流域可视化基础信息平台(基础层)、数字流域专业应用系统(专题层)以及数字流域综合管理与决策系统(综合层)等三个大的子系统<sup>[1]</sup>, 它们既相对独立, 又相辅相成, 可以分阶段、有步骤地自下而上逐步实施和完成。

数字清江水情分析仿真及梯级优化调度集成 GIS 系统是数字流域系统工程的综合应用层, 目的是在构建数字流域 GIS 平台的基础上, 通过对全流域的基础地理、自然资源以及社会和经济等各个领域的不同信息进行综合处理、分析和研究, 建立数字清江流域水情分析及梯级优化调度仿真的集成系统, 实现各专题水文水情及梯级调度数学模型与基础 GIS 平台的无缝集成, 多源数据的一体化管理<sup>[2]</sup>。

### 1 集成系统设计

数字清江水情分析仿真与梯级优化调度集成 GIS 系统是数字流域的具体体现, 需要考虑分布式多模型集成、异构分布海量数据的协同处理、空间数据库设计等问题<sup>[3]</sup>。本文就数字清江集成 GIS 系统的集成体系机构、平台开发、数据管理、集成方案及相关的关键技术进行了详细分析, 并进行具体实现, 为类似系统的开发提供参考价值。

#### 1.1 地理信息建模系统(GIMS)

目前实现通用 GIS 空间分析功能与各种领域专用模型的结合主要有两种途径: 松散耦合式。除 GIS 外, 借助其他软件环境实现专用模型, 它与 GIS 之间采用数据通信的方式联系。嵌入式。在 GIS 中借助 GIS 的通用功能来实现应用领

域的专用分析模型。为了充分利用已有的水文分析及梯级优化调度专业模型, 本系统采用了松散连接的模式, 只是在界面层实现了水文模拟及梯级调度的专业模型和 GIS 的集成<sup>[4]</sup>。

这种方法通过工具软件将两者连接起来, 开发数据接口程序, 通过共享数据库或数据文件交换的方式进行连接, 实现数据的共享。这种方式可以充分利用现有的水文及梯级调度专业模型, 缩短了开发周期, 同时便于利用高级语言开发新的专业模型和数值分析模型。

数字清江项目中用到的数学模型有降雨——径流预报模型、水库洪水调度模型、一维洪水演进模型、二维洪水演进模型、长期优化调度模型、短期优化调度模型、AGC 模型。模型与 GIS 系统通过共同的数据传输标准协议(OLE/DDE)构成开放式系统, 使得系统具有良好的可扩充性。

#### 1.2 组件对象技术(COM/DCOM)的应用

组件技术的 GIS 提供了解决地理信息系统建模的理想解决方案。组件式 GIS 不依赖于某一种开发语言, 可以嵌入通用的开发环境(如 Visual Basic 或 Delphi)中实现 GIS 功能, 专业模型则可以使用这些通用开发环境来实现, 也可以插入其他专业模型分析控件。

MapObjects(MO)是一组基于 COM 技术的地图应用组件, 它是由一个称为 Map 的 ActiveX 控件(OCX)和约 45 个自动化对象组成, 在标准的 Windows 编程环境下, 能够与其他图形、多媒体、数据库组成完全的综合性应用软件, 是基于前端应用业务的良好地图开发环境。MO 具有显示多种格式图形文件的功能, 并可对地图进行多层显示、缩放和漫游等操作, MO 还具有地图的点取查询、空间查询等多种查询方式。用 MO 也可实现图形编辑、图形处理、图形输入、输出等功能。MO 作为一个 ActiveX 控件, 它能够在 VB, VC++ 多种编程环境下运

行<sup>[5]</sup>。在本系统开发中选用 VC++ 集成开发环境, 在创建的工程中添加 MapObjects 组件, 在程序中通过 MO 封装的类来实现显示和分析空间信息的功能。

### 1.3 系统三层结构模型

数字清江水情分析仿真与梯级优化调度集成 GIS 系统是按三层模型( Three-tier) ——数据服务层、应用逻辑层、表现层来构造系统的<sup>[6]</sup>, 如图 1 所示。数据库和空间数据引擎是数据服务层, 存储和提供系统所需处理的数据; 应用逻辑层包括应用服务器、各种应用开发组件和网络服务器, 其功能是提供网络和数据处理的工具; 表现层是利用应用逻辑层提供的工具开发出的针对用户的各种具体应用。数据服务层构成了一个存储、访问和管理空间和非空间数据的关系数据库服务器。用户对数据的访问请求, 通过表现层的客户端软件提供的用户界面输入, 并经表现层的客户端软件、应用逻辑层中的各种应用服务器转换为对数据服务层的数据服务器的请求, 数据服务层的服务器处理完请求后, 将结果通过应用逻辑层, 返回给表现层, 由表现层显示和输出用户所需的结果。应用逻辑层主要是由各种应用服务器构成, 它们包含了针对各种业务处理与分析的逻辑。应用逻辑层将表现层提出的请求转换为对数据服务层的请求, 并将数据服务层返回的结果提交表现层。对系统功能的扩展主要是在应用逻辑层中增加实现各种业务处理与分析逻辑的应用服务器(可以是一些控件或其他一些应用程序), 并通过表现层中的客户端软件调用。表现层主要包括各种客户端软件。表现层与应用逻辑层的通信协议采用 TCP/IP 和 DCOM 协议。

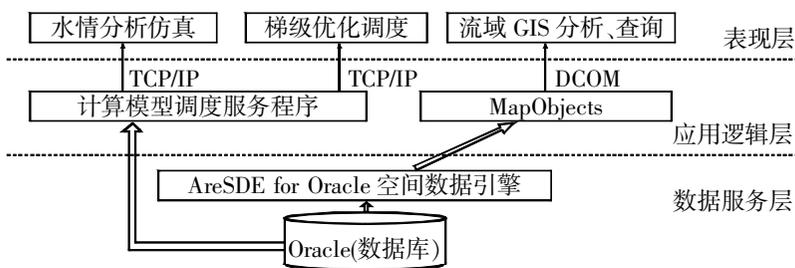


图 1 软件选型及系统三层结构示意图

三层结构模型将应用的业务逻辑和用户界面及数据层分离, 从而使水文水情专业模型开发人员能专注于核心业务逻辑的分析, 确保了分布式应用系统的可维护性、可扩充性和可调整性。

### 1.4 软件选型及系统集成方案

数字流域涉及的技术相当广泛, 如 3S 技术、通信和网络技术、空间数据库技术、决策支持技术、分布式对象技术、可视化技术、虚拟现实技术等。这些技术都是崭新的技术, 如何选择技术平台将影响数字流域系统的生命力。技术平台的选择应特别注意两点: 开放性, 选择的技术平台必须符合开放性原则, 才能保证数字流域系统在实施过程中的可持续性和可发展性, 也能保证多种技术的有机集成; 实用性, 数字流域系统是为水利工作服务的, 实用是其最重要的标准, 在实用的基础上适当考虑先进性。

数字清江集成系统采用 MapObjects 和 ArcSDE, 应用三层 Client/Server 集成方案, 来完成本子系统的集成 GIS 系统开发, 基于商品化的 GIS 组件 MapObject 来实现应用系统的开发, 通过将 GIS 组件嵌入通用的开发环境 VC++ 来实现高效、无缝的系统集成。同时, 应用 ESRI 提供的 Client/Server 结构方案, 将空间数据和属性数据用大型关系数据库 Oracle 来统一管理,

ArcSDE( Spatial Database Engine, 空间数据引擎) 作为空间数据通道, 可以高效地存取数据<sup>[7]</sup>; 利用 ESRI 产品的开放技术体系扩充系统功能, 构建可伸缩、可扩展的 GIS 平台, 系统数据集成信息流程如图 2 所示。

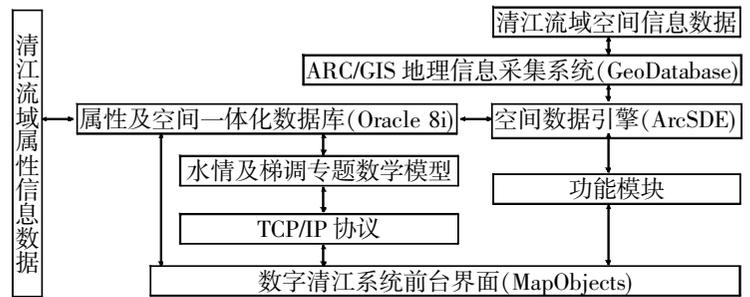


图 2 集成系统结构图

## 2 系统实现及功能简介

作为基于开放架构的系统, 数字清江集成系统除了实现流域空间、属性信息的分析查询, 同时为水情分析及梯级调度提供了基本和实用的各种功能, 良好的可扩展性为在水情分析和梯级调度的扩展开发提供了良好的基础。在此基础上还提供了一系列针对水利的分析工具, 用户可根据需要自由扩展出各种新功能。系统总体功能模块如图 3 所示。

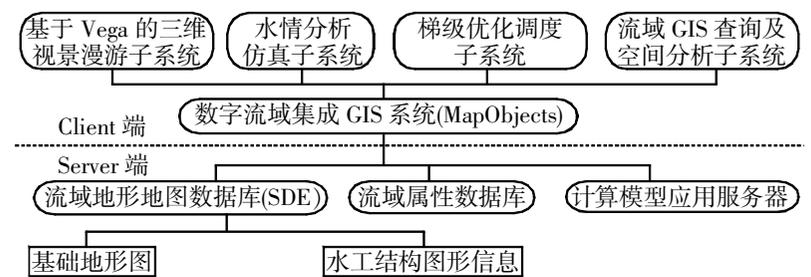


图 3 系统总体功能设计

集成系统实现主要功能包括: 水情分析仿真以及水库调度子模块。水力和水文学洪水模型与 GIS 相结合, 实现了洪水预报、洪水调度、洪水淹没分析, 河道洪水演算、洪灾损失评估等计算功能模块, 同时提供基本水文参数信息查询、洪水预报结果查询、洪水调度方案查询以及河道三维仿真视景漫游等功能。流域梯级优化调度子模块。根据各约束条件提供各梯级发电站的长、短期优化调度策略计算, 厂内、厂间自动发电控制的策略分析, 短期负荷预报, 以及各种调度方案和清江流域梯级水电站及断面的属性信息设置查询。清江流域地理信息查询子系统(GIS)。实现功能如下: 地图操作功能。包括放大、缩小、平移以及多比例尺地图切换显示等。信息查询检索功能。主要完成全流域地图相关数据的查询和统计。地图文档数据的交互查询功能。根据属性信息查询定位、地图显示以及选取地图元素查询属性的双向交互查询功能的实现。分析功能。对流域降雨进行雨量过程分布分析显示及降雨等值线统计描述等。基于 MO 所开发的应用系统前台界面及操作演示如图 4 所示。

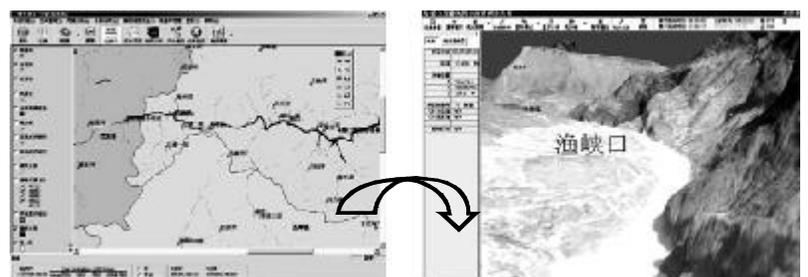


图 4 洪水演进结果的二维、三维互操作演示

# 实时数据库系统关键技术及实现<sup>\*</sup>

叶建位, 苏宏业

(浙江大学 先进控制研究所 工业控制技术国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 简要地论述实时数据库的基本概念和特点, 分析了实时数据库与传统关系数据库的差异。同时, 重点研究了基于 Windows 平台下实时数据库的实现中关键技术的设计思想和技术路线。根据上述设计思想研制开发的 ESP-iSYS 实时数据库已经在多个工业控制现场得到成功应用。

**关键词:** 实时数据库; 组件技术; 数据高效存取技术; 事务调度模式

中图法分类号: TP311.13 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)03-0045-03

## Key Technology of Real-Time DataBase System

YE Jian-wei, SU Hong-ye

(National Laboratory of Industrial Control Technology, Institute of Advanced Process Control, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310027, China)

**Abstract:** The conception and characteristic of real-time database and the difference between real-time database and relational database are discussed briefly. The philosophy of design and the key technology to implement real-time database on Windows platform are studied in this paper. ESP-iSYS system, which is developed according to technology above, has been applied to several practical projects successfully.

**Key words:** Real-Time DataBase (RTDB); Component Technology; High Performance Data Access; Task Scheduling

### 1 引言

过程工业在过去的十几年内得到了巨大的发展, 其中重要的改进是通过将已经得到广泛应用的集散控制系统 (Distributed Control System) 与新兴的计算机技术进行结合, 实现过程控制逐渐从底层向上层渗透, 形成集控制、优化、管理、经营于一体的综合自动化新模式<sup>[1]</sup>。但是由于技术发展的原因, 控制网络上分布着不同厂商的不同种类的监控系统, 每个系统只能采集和管理相应装置或设备在运行过程中产生的部分实时数据。因此迫切需要一个统一的数据平台来集成各种控制系统的数据库, 同时该平台应当为先进控制、实时在线优化和生产执行系统 (Manufacturing Executing System, MES) 等提供实时数据的支持<sup>[2]</sup>。

实时数据库系统 (Real-Time DataBase System, RTDBS) 正是为实现此类需求而产生的。近年来实时数据库系统的应用成功地实现了现场控制系统过程生产数据的集成, 建立了企业管理系统与底层控制系统之间的数据通信, 为全厂过程实时信息的综合集成奠定了基础。

### 2 实时数据库系统特点

传统的关系数据库系统长于处理稳定的数据, 强调维护数据的完整性、一致性, 其性能目标是高系统吞吐量和低代价, 但

对处理的定时限制没有严格要求。而传统的实时系统 (RTS) 虽然支持任务的定时限制, 但它针对的是结构关系简单、稳定不变和可预测的数据, 不涉及维护大量共享数据及它们的完整性和一致性, 尤其是时间一致性。

实时数据库的数据和事务均有显式的时间限制, 系统的正确性不仅依赖于事务的逻辑结果, 而且依赖于该逻辑结果所产生的时间<sup>[3]</sup>。实时数据库不是数据库和实时系统的简单结合, 它需要在数据模型、体系结构、事务处理模式、数据存储方式等诸多方面重新进行研究和开发<sup>[4]</sup>。由此可知实时数据库在设计 and 实现时需要注意以下几个方面:

(1) 实时性。RTDBS 作为外部系统的一个客观反映, 它表示了外部系统的当前状态, 只有数据与外部系统的实际情况相吻合时, 数据才有意义。所以要求 RTDBS 必须高效, 能够实现实时反应。

(2) 容错性。由于工业控制现场的情况复杂, 各种干扰较为常见, 可能导致采集的数据被污染。这就要求 RTDBS 须具备一定的容错性, 防止出现数据败坏 (Data Corrupt)。

(3) 稳定性。任何数据库系统都要求稳定性, 但由于现实中直接基于 RTDBS 的应用往往一样强调实时性 (基于 RTDBS 的典型应用如先进控制软件和在线实时数据优化等), 所以系统的稳定性被提到了更高的高度, RTDBS 是绝对不能轻易重启的。

(4) 鲁棒性。过程控制应用中, RTDBS 多应用于分布式环境与多个数据源连接, 工业现场的环境容易导致个别数据源出现数据流波峰或者通信受阻。因此 RTDBS 必须能承受数据流量冲击保证系统的实时性和稳定性。