

基于构件式 workflow 框架的电力 GIS 系统集成研究

王超,倪志伟,刘晓,潘永刚

(合肥工业大学 智能管理研究所,安徽 合肥 230009)

摘要:电力 GIS 是地理信息系统在电力企业中的具体应用。随着 GIS 系统以及电力自动化系统的快速发展,如何实现 GIS 平台与其它电力业务系统从功能模块到应用系统范围的集成,是目前电力 GIS 系统开发研究的重点和难点。提出利用构件开发的方法,在 GIS 软件平台上搭建 workflow 系统框架,通过 workflow 建模和 workflow 执行机制,实现业务系统功能的扩展以及系统间数据的传输与共享,从而达到电力 GIS 系统集成的目的。

关键词:地理信息系统;电力系统;workflow;系统集成;构件开发

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)06-0206-04

Component Based Workflow Framework for Electric Power GIS System Integration

WANG Chao, NI Zhi-wei, LIU Xiao, PAN Yong-gang

(Institute of Intelligent Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Electric power GIS is a typical application of the geographic information system in the electric power company. With the fast development of GIS and electric power automation system, the problem of system integration of GIS and other operation system in the company, which range from application function to application system, has become the major and hard pivot in the electric power GIS software development. Proposes a component based workflow frame which is set on the GIS platform, employing the workflow modeling and execution mechanism, to realize function extension, data transmission and sharing of the application systems, which will enable the achievement of electric power GIS system integration.

Key words: geographic information system; electric power system; workflow; system integration; component based development

0 引言

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是一种以地理空间实体及其空间拓扑关系,包含空间数据和非空间数据为管理对象的计算机应用系统。由于 GIS 具有强大的空间数据分析和空间对象操作功能,许多与空间信息密切相关的行业,如电力、运输、水利、农林和房地产等,都将 GIS 应用整合到企业的信息系统中,以实现管理效率和水平的提升。很多电力企业在长期的发展中都引进和开发了企业的管理信息系统和电力自动化系统,如电力企业 MIS、输电业务中的能量管理系统 (Energy Management System, EMS)、配电业务中的配电管理系统 (Distribution Man-

agement System, DMS) 以及电力系统中被广泛应用的监视控制与数据采集系统 (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA) 等,这些系统在承担不同电力业务功能方面起到了非常重要的作用。随着 GIS 空间对象管理技术的引入,传统的电力业务和电力设备被映射到了可视化的计算机环境中,统一型的空间数据库管理模式为集中的数据和业务管理提供了良好的平台。然而,也带来了电力 GIS 系统集成的问题,这也是目前电力 GIS 开发和应用中待以解决的重点和难点^[1]。

闰国年等^[1]分析了模型集成、外集成和三级集成等地理信息系统集成模式,然而一般的松散型 GIS 集成模式并不能达到电力 GIS 系统集成的生产级实时性需求。孙才新等^[2]提出从 SCADA 和 GIS 底层进行设计开发的方式,但 GIS 系统开发具有很高的复杂性,导致开发成本和开发效果难以控制。目前大部分的 GIS 集成模式都存在着集成理论缺乏、集成方法不完善和缺乏统一框架的问题。

收稿日期:2007-09-01

基金项目:安徽省教育科研项目(2006SK010);安徽省电力科学研究院科研项目

作者简介:王超(1983-),男,硕士研究生,研究方向为人工智能、管理信息化;倪志伟,教授,博士生导师,研究方向为管理信息化、决策科学与技术、软件工程。

文中对电力系统的发展现状以及系统集成的需求分析进行了介绍和探讨,提出了利用构件技术搭建电力 GIS 系统的工作流框架系统集成方案,并对框架的结构设计进行了描述。文中对基于该框架的系统核心业务包括构件管理、数据转换和流程建模的实现进行了分析与阐述。

1 电力 GIS 系统集成需求分析

SCADA 系统是电力生产的一线系统,完成的是电力设备实时运行控制和状态监控的任务。GIS 与 SCADA 的系统集成,主要是利用 SCADA 的下位机系统实现运行数据的实时采集,而将上位机的功能集成到 GIS 平台,通过 GIS 的可视化设备管理与操作,向下位机系统发送控制信号,实现对电力生产设备的实时监控和管理。通过进一步的研究和分析,笔者认为解决生产型电力 GIS 系统集成的关键是要处理好以下三点:

①电力 GIS 系统的横向集成问题。所谓横向集成就是指 GIS 系统与其他非 GIS 系统,如企业的 MIS 系统、输电管理系统、配电管理系统以及 SCADA 系统等电力生产系统之间的集成。为了充分利用企业原有的信息资源和实现电力 GIS 系统的生产管理功能,系统横向集成是非常重要和必需的。横向集成的关键问题是系统间数据的高效传输与共享。

②电力 GIS 系统的纵向集成问题。所谓纵向集成是指 GIS 功能和其他非 GIS 功能,如 SCADA 电力数据采集、设备控制和电力数据分析等模块功能之间的集成。电力系统是典型的复杂业务系统,它不仅包括电力生产的控制、电力设备的管理,还涉及许多针对电力用户的服务内容,并且随着企业的发展,其业务范围也在不断地发生扩展。纵向集成实际上就是要求电力 GIS 系统可以有效地将各种业务功能模块化和透明化,从而可以根据新的业务需求和变化,实现系统功能的重用与业务功能的组合。

③电力 GIS 系统的业务流程定义问题。系统的横向与纵向集成解决了电力 GIS 在功能扩展方面的问题,但系统功能并不是简单的堆砌,电力 GIS 系统作为一个生产型系统,其业务流程如停电管理流程、故障抢

修流程以及业务扩展流程等的定义是至关重要的,这不仅保证生产业务可以按照企业的业务流程规范化和自动化地进行,同时也提高了业务执行的效率。

2 基于工作流框架的系统集成

2.1 基于构件的工作流框架设计

工作流管理系统 (Workflow Management System, WfMS) 的目标是要在正确的时间以正确的顺序,将正确的任务分配给正确的人和资源^[3,4]。WfMS 最大的特点在于当业务流程发生变化时,用户可以利用工作流的建模工具对业务流程进行重新定义,绑定过程与角色、资源和业务流程,由工作流管理系统完成资源的定位和调度,从而实现从业务流程的变化到对软件处理流程的修改的映射。基于构件式工作流框架的电力 GIS 集成系统结构如图 1 所示。

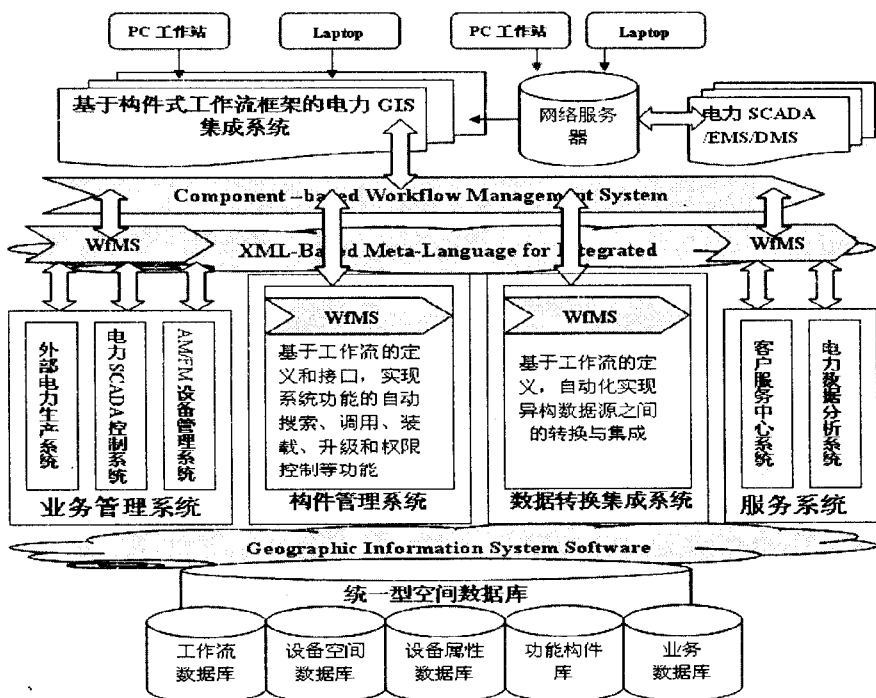


图 1 基于工作流框架的系统结构图

工作流框架处于集成系统结构的上层,是系统管理和业务逻辑的核心,其主要功能包括以下三个方面:

①实现工作流建模功能。依据 WfMC 提出的工作流参考模型^[3],采用构件技术开发工作流建模模块,用户根据业务流程的变化创建和修改工作流模板,实现业务流程及逻辑的可视化与自动化重组。

②实现应用调用功能。框架根据工作流模板中定义的应用资源,从功能构件库中搜索相应的功能构件以及外部系统的应用接口定义,并根据工作流模板描述的逻辑关系进行功能构件的复用和组装,实现业务功能的自动化调用。

③实现数据转换功能。框架接受来自内部和外部应用系统的数据,根据预先定义的转换格式读取相关数据,进行数据规范化并存储到统一的空间数据库中,为 workflow 应用、客户服务以及电力数据分析奠定了基础。

统一型的空间数据库:统一型的空间数据库支持对空间数据以及非空间数据的集中存储,包括电力设备的空间数据、属性数据、工作流数据、构件数据以及系统业务数据等。统一型空间数据库为异构数据的管理与存储提供了平台,支持基于 XML 的数据模式并可以实现对标准 SQL 查询以及数据类型的扩展,从而为系统数据集成提供了基础。

2.2 基于 workflow 框架的构件管理

在电力 GIS 系统的开发过程中,构件开发的思想和方法是实现系统集成和业务拓展的关键。基于构件的开发(Component - Based Development, CBD)是在一定构件模型的支持下,复用构件库中的一个或多个软件构件,通过组合方法高效率、高质量地构造应用系统的过程^[5,6]。通过将系统功能进行模块化的定义与划分,利用 GIS 提供的二次开发构件定义的事件以及 GIS 平台定义的规范接口,进行标准化的构件式开发生成 DLL 或 OCX 文件,从而建立系统构件库^[7]。

2.2.1 基于 workflow 框架的构件管理

在基于 workflow 框架的电力 GIS 系统中,构件开发和装载的基本过程如图 2 所示。

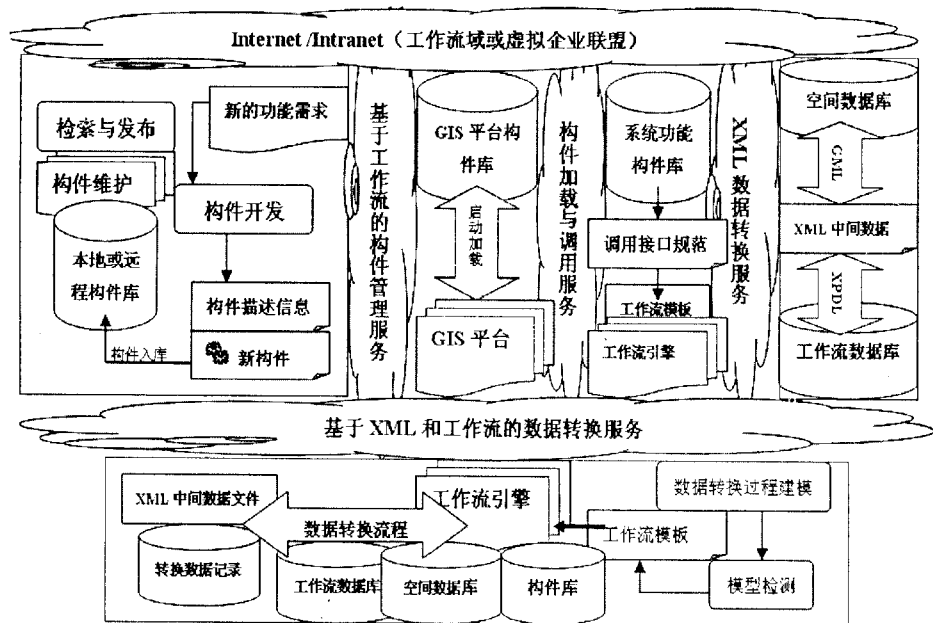


图 2 基于 workflow 框架的构件管理和数据转换

①根据电力 GIS 平台和系统框架定义的接口,利用 GIS 和其他功能组件进行构件开发。

②在数据库中保存构件的相关信息,例如构件的

库名、类名称、版本号等,并将构件以二进制格式存入数据库中。

③在启动 GIS 平台时,初始化加载拥有的平台功能构件。当用户要求启动某个构件时,平台根据保存的构件信息(类名),创建该类的实例(对象)。在工作流运行时,根据工作流模板的业务功能及业务逻辑定义,调用并创建相关的应用实例。

④对象创建成功后,根据约定的接口初始化该对象,系统控制权交由构件运行。

⑤构件启动完成,通过用户操作或已定义的业务流程自动运行,执行业务功能。

⑥业务功能完成后,撤销对象,释放资源。

工作流框架建立之后,传统的业务系统开发工作就转变为构件功能模块的设计和开发了。构件开发具有很多的优势,以基于构件库的构件版本管理为例,当用户提出新的功能需求,开发商可以创建新版本的构件,并上传到本地或远程的系统构件库中,同时触发系统更新事件,使得所有的客户端都可以同步地进行功能模块的更新,从而保障了业务系统的功能一致性。

2.2.2 基于 workflow 框架的数据转换

基于 workflow 框架的数据转换服务要实现异构数据之间的转换集成,就需要确定一种表达能力强且易于应用的数据定义和存储格式。具体考虑的因素主要来自以下三个方面:

①不同业务系统与电力 GIS 平台之间的数据转换。

由于电力 GIS 系统是一个典型的分布式应用,网络数据的传输是其中的关键。目前基于 XML 的数据定义和存储是 Web 应用的一个趋势,它很好地解决了不同系统平台之间的数据传输和共享问题。

②GIS 系统与非 GIS 系统之间的数据转换。传统的 GIS 系统采取的是关系型数据库的数据存储模式。而目前随着以 WebGIS 为代表的分布式 GIS 系统的广泛应用,以及不同 GIS 平台之间交互需求的不断提升,OGC (Open Geospatial Consortium, 开放地理空间联盟)提出了基于 XML 的地理信息描述语言 GML^[8]。它的出现为促进基于 Web 和 WebService 的 GIS 系统应用以及不同 GIS 平台之间的

应用以及不同 GIS 平台之间的

数据交互提供良好的基础。

③ workflow 数据与一般系统数据之间的转换。基于 XPD L^[9] 的 workflow 描述是 workflow 应用系统中的主流。 workflow 数据转换首先要将建立的图形化 workflow 模板转化为基于 XPD L 的描述文件,之后在系统运行时 workflow 框架就可以根据描述文件得到与 workflow 相关的用户权限、外部资源、逻辑结构等信息。

从以上的分析可以看出,基于 XML 的数据定义与存储模式是电力 GIS 系统的最佳选择。如图 2 所示,将 XML 数据文件作为各业务系统和功能模块之间的交流“语言”,通过关系数据库数据到 XML 文件的转换,不同地理信息平台和功能模块之间通过 GML 的数据转换以及 workflow 关系数据库数据到 XPD L 数据的转换,使得来源不同的数据通过一致 XML 的数据格式进行表示,从而实现电力 GIS 系统内部与外部的数据传输与共享。

2.2.3 基于 workflow 建模的流程定义

业务流程定义是电力 GIS 系统中的关键部分,它是通过 workflow 建模工具对已有的业务流程进行修改和对新的业务流程进行创建的过程。良好的业务建模方法可以使系统对企业业务流程的适应性大大提高,系统无须进行重新开发就可以在原有系统功能模块的基础上根据 workflow 建模定义的业务逻辑结构进行新业务模块的搭建。文中采取的 workflow 建模方法是在充分利用 GIS 图形化构件功能基础上开发的基于 GIS 的图形化建模。其设计思想是在充分继承空间对象的属性和方法的基础上集成 workflow 模型的特点,建立具有空间对象性质的 workflow 建模对象。建模的核心对象如图 3 所示。

其中 Feature 是空间对象的超类,主要定义和实现了建模对象在图形结构、定位信息、拓扑信息等方面的描述和控制;Process 是 workflow 模型对象的超类,主要定义和实现了建模对象在 workflow 运行中要涉及的时间、数据、约束条件、调用资源和参与者等方面的描述和控制。ProcessFeatur 继承和扩展了 Feature 和 Process 类的属性与方法,集成两者的图形化和数据化建模功能,并引入了空间对象建模和模型检验的思想和方法。ProcessFeature 主要包括了 5 个子类,即按照扩展 Petri 网建模思想建立的 Token、Place、Transition、Link 和 Trigger。这 5 个子类是 workflow 建模的主要模型对象,它们的组合可以完成传统 Petri 网和扩展的高级 Petri 网(颜色扩展、时间扩展、层次扩展)的建模工

作,具有很强的建模和描述能力^[3,10]。由于篇幅限制,不再展开对系统对象及其属性和方法的阐述,作者在《GIS 在图形化 workflow 建模中的应用研究》(已于 2006 年 9 月被《计算机应用研究》月刊录用)一文中对该部分的主要内容进行了详细阐述。

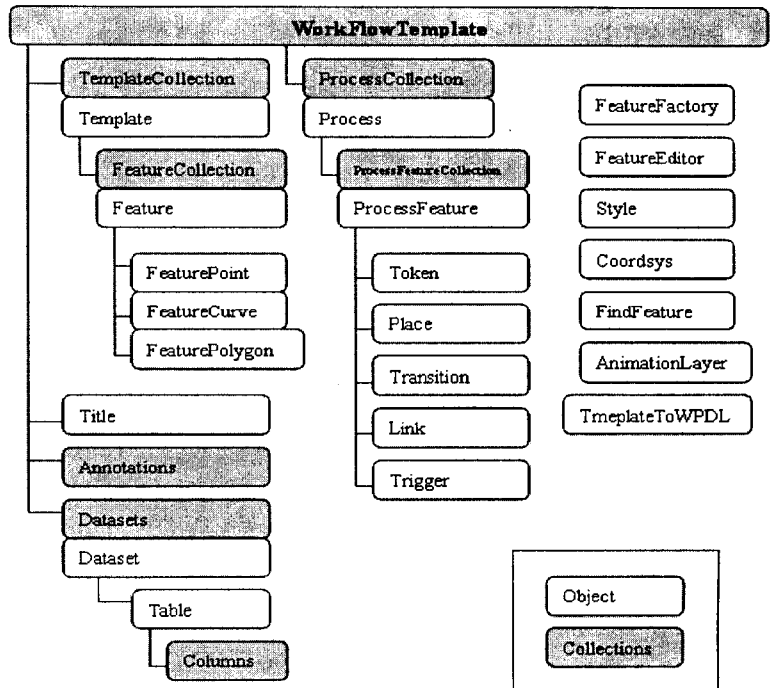


图 3 建模对象模型图(核心对象)

3 结束语

文中基于构件式 workflow 框架的电力 GIS 系统集成方案作为 ADGIS 项目研究的一个重要内容,已经基本完成原型系统的设计,即将投入项目第二阶段即电力 GIS 平台与电力 SCADA 的系统集成开发中。初步的开发实验效果证明,基于 workflow 框架的电力系统集成方案是具有一定的技术领先性和实际可操作性的。下一步的工作将主要围绕 workflow 框架的应用,利用 workflow 建模和执行机制,实现和完善分布式业务系统与电力 GIS 平台的业务自动化执行过程。由于在第一阶段已经搭建了系统的构件库,并实现了基于 workflow 框架的构件管理,因此为第二阶段 workflow 管理系统的功能调用与自动执行提供了坚实的基础。下一步研究课题的核心是基于电力 GIS 平台的 workflow 执行与监督机制的设计与开发。

参考文献:

- [1] 阎国年,张书亮,龚敏霞,等.地理信息系统集成原理与方法[M].北京:科学出版社,2003.
- [2] 孙才新,周谦玻,刘理峰,等.电力地理信息系统及其在配

(下转第 213 页)

```

> set debug
> www.sohu.com
Server: dns1.dnsexample.gov.cn
Address: 100.1.1.100
-----
Got answer:
HEADER:
opcode = QUERY, id = 2, rcode = NXDOMAIN
header flags: response, auth, answer, want recursion, recursion avail.
questions = 1, answers = 0, authority records = 1, additional = 0

QUESTIONS:
www.sohu.com.dnsexample.gov.cn, type = A, class = IN
AUTHORITY RECORDS:
-> dnsexample.gov.cn
ttl = 3600 (1 hour)

(.....)
Got answer:
HEADER:
opcode = QUERY, id = 3, rcode = NXDOMAIN
header flags: response, auth, answer
questions = 1, answers = 0, authority records = 1, additional = 0

QUESTIONS:
www.sohu.com.gov.cn, type = A, class = IN
AUTHORITY RECORDS:
-> gov.cn

(.....)
Got answer:
HEADER:
opcode = QUERY, id = 4, rcode = NOERROR
header flags: response, want recursion, recursion avail.
questions = 1, answers = 10, authority records = 0, additional = 0

QUESTIONS:
www.sohu.com, type = A, class = IN
ANSWERS:
-> www.sohu.com
canonical name = d7.a.sohu.com
ttl = 600 (10 mins)

```

图 3 域名跟踪

(4) 域名解析有时正常有时不正常。

通常是域名的多个 DNS 服务器上的解析不一致, 同步有问题。

依次查询该域名的每个 DNS 服务器, 检查结果是否一致。在所有的服务器中, 如果有的服务器没有返回结果, 不会影响到域名的正常解析, 因为此时解析客户端会尝试其他的服务器, 只有当所有的服务器都没有结果才会报错。但是如果 dns1 服务器上上和 dns2 服务器上的解析不一致, 则会出现域名解析时有时不对的故障。检测方式: 分别输入下面两行命令, 对输出的

结果进行比较。

```
# lookup www.163.com dns1.dnsexample.gov.cn
```

```
# lookup www.163.com dns1.dnsexample.gov.cn
```

4 结束语

在 DNS 服务器配置搭建和故障排除的过程中, 可从 DNS 结构、查询原理入手, 使用 Nslookup 命令来获取相关信息, 首先判断 DNS 服务器的设置是否正确, 然后检查它在内网的工作状态是否正常, 最后再检查它在互联网上工作状态, 这就形成了由近到远、由内到外进行维护方式, 从而使 DNS 服务器保持正常运转。

参考文献:

[1] Sun Microsystems, Inc. Solaris 2. x Network Administration SA - 380, Sun Service, Part Number 802-6159-01, Revision C[R].

U. S. A: Sun Microsystems, Inc., 1996.

[2] ICANN. The global Internet community working together to promote the stability and integrity of the Internet[EB/OL]. 2006-03-26. <http://www.icann.org/tr/english.html>.

[3] 陈海涛, 岳虹, 田艳芳. Windows 2000 DNS 技术指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

[4] 金灵. 域名系统(DNS)大观之基本知识[J/OL]. CNNIC 通讯第 9 期, 2001, <http://www.cnnic.cn/resource/daily/2001-1/3-2.shtml>.

[5] Mockapetris P. DOMAIN NAMES - CONCEPTS and FACILITIES[S]. RFC1034. [s.l.]: [s.n.], 1987.

(上接第 209 页)

电网中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[3] van der Aalst W, van Hee K. Workflow Management: Models, Methods and Systems[M]. 王建民, 闻立杰译. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[4] 范玉顺. 工作流管理技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

[5] 韦华颖, 詹剑锋, 王沁. 分布式构件技术综述[J]. 计算机应用研究, 2004(10): 12-15.

[6] 姚全珠, 戴建峰. 基于构件和 XML 的信息系统集成平台的研究[J]. 计算机工程与应用, 2004(19): 113-115.

[7] WFMC. The workflow reference model[S/OL]. 2005.

<http://www.wfmc.org/standards/model.htm>.

[8] Open GIS Consortium. Geography Markup Language (GML) Implementation Specification[S]. Reference number OGC 03-105r1, Version: 3.1.0, 2004.

[9] Workflow Management Coalition. Workflow Process Definition Interface - XML Process Definition Language[S]. Document Number WFMC-TC-1025, Document Status - Version 1.0, 2002.

[10] Salimifard K K, Wright M. Petrinet - based modeling of workflow systems: An overview[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 134: 664-676.