

天然气长输管道应急救援系统开发研究

朱小华¹, 杨 骏²

(1. 中国石油西南油气田销售分公司, 四川 成都 610054;

2. 西南交通大学土木学院地理信息工程中心, 四川 成都 610031)

摘 要: 针对天然气行业数据特点, 探讨了在高内聚、低耦合原则下利用封装 ADO 数据增强对象实现 GIS 与 SCADA 数据耦合机制, 在此基础上开发构建了一个天然气长输管道应急救援系统。实践表明, GIS 与 SCADA 数据耦合机制切实可行, 系统实时性强、可重用、易扩展。

关键词: 数据耦合机制; 四层软件体系模型; 天然气; 长输管道; 应急救援; 预案; SCADA; GIS

文章编号: 1006-5539(2009)02-0038-04

文献标识码: A

0 前言

近年来, 各级油气企业经过不懈努力, 初步建立了较为完备的计算机数据采集与监控系统 (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)^[1], 为确保天然气长输管道安全提供了有力的技术支持, 确保了长输管道安全运营。而随着天然气工业的扩大, 天然气长输管道日趋复杂。单纯的 SCADA 系统在对事故位置的准确定位、制定合理的救援方案, 包括为救援车辆、运输车辆的调度以及人员疏散制定合理路线等方面均存在着不足。

本文从软件工程中四层软件体系模型角度出发, 针对天然气行业数据特点, 探讨了在高内聚、低耦合原则下 GIS 与 SCADA 数据耦合机制, 并在此基础上开发构建了一个天然气长输管道应急救援系统。实践表明, 该数据耦合机制切实可行, 系统实时性强、可重用、易扩展。

1 软件体系模型与数据耦合机制

1.1 四层软件体系模型

在软件工程中, 传统的三层结构软件系统分为

数据库层、应用服务层和用户界面层。其缺陷在于构建应用服务层的时候, 把数据库操纵、业务逻辑处理甚至界面显示夹杂在一起; 或者把业务逻辑处理等同于数据库操纵。对于一些操作起来比较复杂的系统, 传统的三层结构把业务逻辑全部放在中间层。至于那些内部种类繁多且使用方法各异的调用任务, 就完全落到了表示层。这样必定会增加表示层的代码量, 而且使业务逻辑处理与界面显示的代码夹杂在一起, 将表示层的任务复杂化。这个与用户界面层只负责接受用户的输入并返回结果的任务不太符合, 而且增加了层与层之间的耦合程度。

而从软件工程的角度出发, 应用软件系统的设计必须遵循高内聚和低耦合^[2]的原则。因此, 业界提出了四层软件体系结构模型^[3] (图 1), 同传统的三层结构相比, 这种体系结构将原来的应用服务层细化为:

a. 业务规则层: 验证从其它层传过来的数据和从数据库中提取返回给其它层;

b. 业务处理层: 隔离系统功能的提供者和使用

者。
四层软件体系结构改善了传统三层结构各个层之间容易混淆的状况, 系统中各个层的功能更加明确。用户界面层负责表示系统信息和接受用户输入, 数据访问层负责与数据库的简单交互, 而业务规

收稿日期: 2008-05-06

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重大项目 (2006BA65A13); 西南交通大学青年教师科研起步项目资助 (2007Q103); 西南交通大学博士创新基金 (081603)

作者简介: 朱小华 (1964-), 男, 四川成都人, 高级工程师, 在读博士, 主要从事石油天然气管管理及技术工作。电话:

则层负责验证数据的完整和有效性。这样有利于项目的分工合作, 可以使界面设计人员和业务处理人员分开, 使得系统的开发可以实现纵向的分工。因而比三层软件体系结构有着无可比拟的优势。

相较三层体系而言, 四层软件体系结构强化并独立了数据一体化的工作, 强调数据耦合机制的建立。在整个软件系统中起到了承上启下的作用, 因此数据耦合机制的建立便成为了系统开发成败的关键。

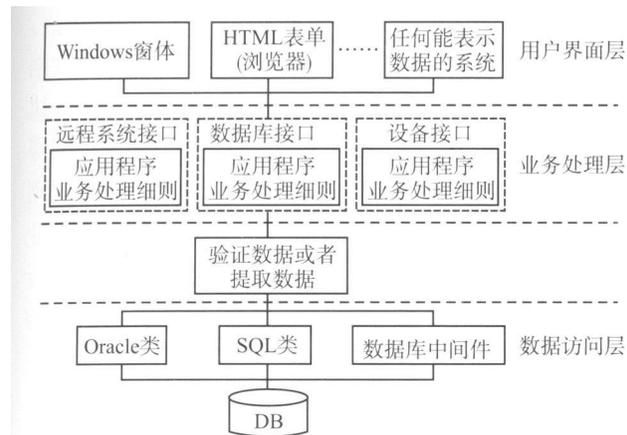


图 1 四层软件体系结构模型

1.2 GIS与 SCADA数据耦合机制研究

地理信息系统 (Geographical Information System, GIS)与 SCADA数据耦合的根本目的是实现二者的优势互补: GIS向 SCADA提供地理信息背景; SCADA向 GIS系统提供实时数据, 并通过视听手段将实时数据动态地表现出来。这样有机结合了空间位置信息、静态属性和动态属性, 增强了对数据的表达能力。提供了监视对象的空间导向信息, 大大提高了监视、决策的准确性和可靠性。两者数据耦合的原则是:

- a) SCADA与 GIS平台相对独立。保证这两个系统运行的安全、稳定、可靠和高效;
- b) 数据信息的高度统一, 实时数据来自 SCADA支撑平台的实时数据库, GIS系统实时数据刷新速度与 SCADA相当。

传统上实现 GIS与 SCADA数据耦合的方法主要有三种: a)将 GIS数据引入到具有实时特性的 SCADA系统当中; b)在 GIS中集成 SCADA数据; c)在 GIS和 SCADA系统的基础上构建集成的平台。三种方案的特点在相关文献中已有详细的探讨^[4]。

此处不再赘述。

在研究上述三种方案的基础上, 本文采用了基于面向对象的基本原则, 从实用角度出发, 封装 ADO(ActiveX Data Object ActiveX数据对象)形成新的四层数据增强对象技术^[5]来实现 GIS与 SCADA系统数据耦合 (图 2)。该机制具有以下特征:

- a) 向下支持 ADO对象, 向上提供前台的实用性接口来简化前台调用;
- b) 增强了功能接口、控制方式和状态跟踪, 并可根据功能要求和当前状态调整 ADO对象的调用;
- c) 不会轻易引发错误造成客户负担或死机, 能根据要求自己处理错误;
- d) 采用统一的数据对象集成 GIS与 SCADA数据, 避免两者间数据的重复调用, 实现系统高内聚、低耦合的目标。四层数据增强对象的数据接口操作如表 1 所示。

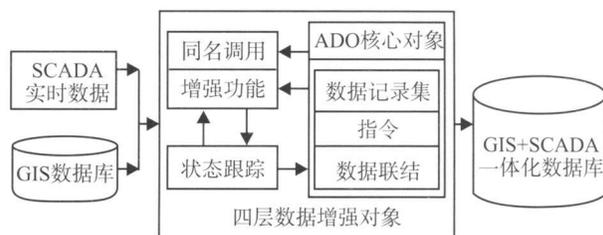


图 2 基于四层数据增强对象技术的 GIS/SCADA数据耦合机制

表 1 四层数据增强对象的数据接口操作

数据操作	说明
Refresh	按 SQL 语句对记录集进行刷新, 同时对未存储的记录进行处理 (更新或放弃)。
RefreshByCommand	类似 Refresh 但以 Command 为对象执行语句, 允许带参数。
UnboundRefresh	类似 Refresh 但执行完就断开和数据库的连接, 即对记录集的任何修改不直接影响数据库, 而有内部跟踪记录集的变化。适合于临时表性质或前台希望完全控制记录机和数据库之间的关联。

四层数据增强对象采用事件调用机制引发事件即从底层直接得到最上层的引用, 直接调用最上层的一个仅对内部的方法来上层对象的引发事件, 从而跳过中间各层, 如在最上层对象上加一个内部方法, 在事件触发的下底层对象调用该上层对象的方法, 当最上层要引发该事件时, 直接调用最上层的过程。关键代码如下:

GlobalNG_Func AsNewData_Functions

/定义一个新的全局四层数据增强对象,其中 Data_Functions为封装 ADC而创建的一个 VB类库;

.....

rs Open ssq1 NG_Funcs objAdo adOpenForwardOnly

/调用一个四层数据增强对象,并给一个空间数据集赋值;

.....

NG_Funcs objAdo Comm ifTrans /数据传输功能;

.....

NG_Funcs objAdo RollbackTrans /数据回滚功能;

.....

2 系统开发研究

2.1 系统数据特征

系统数据库将数据分为动态数据和静态数据两部分:动态数据主要包含采集量、计算量等 SCADA实时数据;静态数据主要包含设备的属性数据、管理数据、地理信息数据等。在系统建设中,GIS的主要作用是组织静态数据,负责数据的录入、存储、提供部分特殊的查询算法。SCADA则作为动态数据的组织者,负责动态数据的获取和存储,以及网络的更新、一致等问题。若GIS系统中操作影响SCADA系统数据发生变化,SCADA系统则根据GIS所置标志读取并更新数据,保证SCADA系统和GIS系统数据一致性和唯一性。考虑数据采集过程中的重复性,对于动态数据,每隔一段时间采集一次数据,就可能出现一个重复采集的问题,所以必须将采集来的实时数据与原始数据进行比对。

2.2 系统总体方案设计

系统总体设计遵循四层软件体系原则(图3),用户通过系统统一门户(Window界面或WEB页面)与用户界面层进行交互。当用户输入数据并对系统进行操作时,用户界面层首先向业务处理层发送请求信息。业务处理层接到信息之后,直接调用数据访问层来进行用户的身份验证及权限控制。如

果用户不具有进行此操作的权限,则业务处理层将消息返回给用户界面层并提示用户权限不足;反之,如果用户具有进行此操作的权限;则业务处理层将用户输入的数据发给业务规则层,由业务规则层调用四层数据增强对象响应客户端的数据请求,与数据服务器库服务器进行通信交互,验证用户输入的数据是否合法有效。如果用户输入的数据不合法,则给业务处理层发送一个数据输入错误的消息,业务处理层收到这个消息之后再返回给用户界面层来提示用户输入数据不合法;如果用户输入数据合法,则业务规则层调用四层数据增强对象通过空间数据引擎以及数据库管理系统获取、修改、增删数据;执行复杂的数学运算及事务处理,如空间分析、查询等操作。操作成功后,如果需要返回数据,则业务规则层向数据访问层发送提取信息,再将数据返回给业务处理层。业务处理层接收到数据之后将数据进行处理,返回给用户界面层。用户界面层以可视化的形式将数据显示给用户。

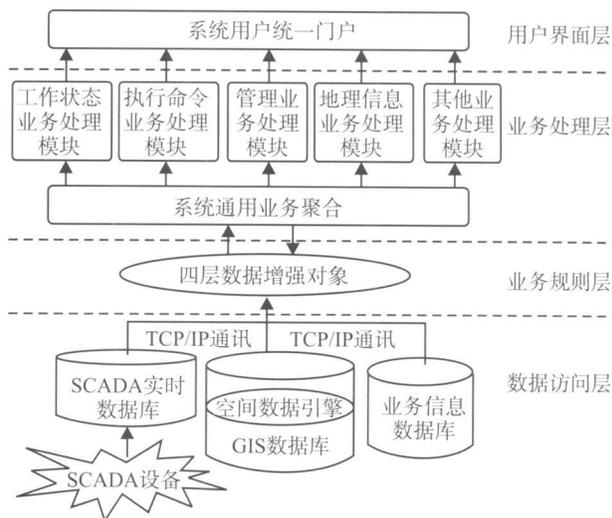


图3 系统总体结构图

3 系统应用实例

笔者在参加中国石油西南油气田销售分公司某《天然气长输管道应急救援系统》的建设中,运用四层软件体系进行了系统设计,取得了较好的效果。下面以该系统中数据库的开发为例说明GIS/SCADA数据耦合机制的应用。

系统数据库以天然气长输管道为核心对象,与SCADA设备及地理信息对象关联,建立1:N关系,系统扩展实体—关系(EE—R)图如图4所示。

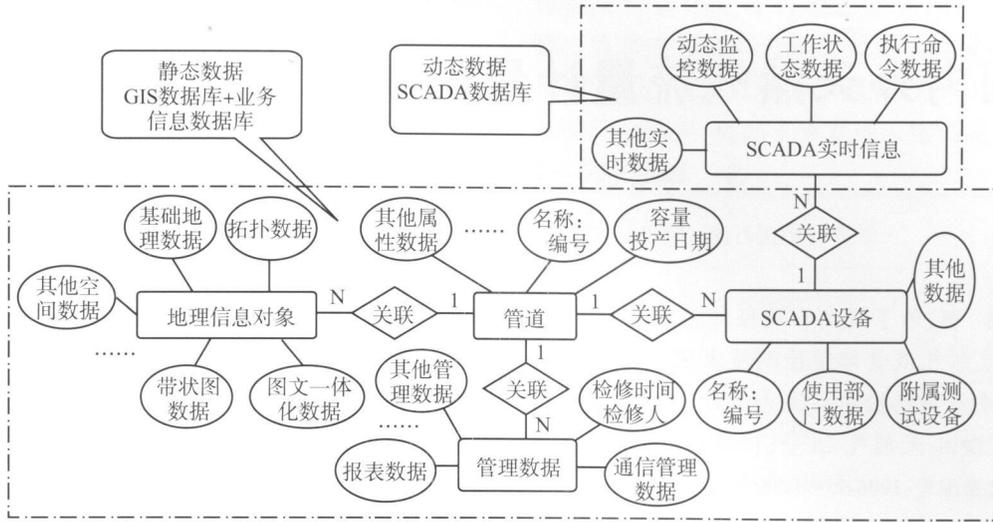


图 4 系统数据库 EE-R图

其中,管道数据的逻辑表达式如表 2 所示。

表 2 管道数据的逻辑表达式

列名	数据类型(精度)	必填字段	说明
F_ID	整型	是	管线编号
F_NAME	文本(50)	是	管线名称
F_MNNUMBER	单精度(8 3)	否	设计最低数量
F_PLY	单精度(3 0)	否	管壁厚度/mm

b 系统应建立面向更大范围、更多部门应用领域的数据库耦合机制,实现真正意义上的数据共享及互操作。

参考文献:

- [1] SCADA 系统综述. 中国工业设备网 [EB/OL]. <http://www.iecn.com/app/y/detail.asp?id=384> 2005-06-30
- [2] 陈东明,孙树栋. 基于 NET 组件的设备故障信息管理系统 [J]. 组合机床与自动化加工技术, 2006(5): 107-109
- [3] 颜 军,曹 嵩. 一种四层结构的 Internet 应用 [J]. 计算机工程与设计, 2003 29(3): 187-188
- [4] 龚华成,王 力,邓世军. GIS 和 SCADA 系统数据一体化模型及其应用初探 [J]. 工程勘察, 2007 (5): 48-51
- [5] 汤立华,陈章进. 四层结构数据增强对象. 计算机应用 [J]. 2002 22(1): 57-59
- [6] 詹宁斯, Jennings Roger. Visual Basic 2005 数据库专家编程 [M]. 沈晓春译. 北京:清华大学出版社, 2006
- [7] 北京超图公司. SuperMap Object 开发教程 [Z]. 北京:超图公司, 2004
- [8] James R. Groff, Paul N. Weinberg. SQL 完全手册 (第二版) [M]. 章小莉,宁 欣,汪永好,等译. 北京:电子工业出版社, 2004

4 结论与展望

四层软件体系的引入,使软件功能更强,集成性更高;同时数据共享程度大大提高,可复用性和扩展性增强,顺应了当代软件系统发展的趋势。本文从四层软件体系模型角度出发,针对天然气行业数据特点,探讨了在高内聚、低耦合原则下 GIS 与 SCADA 数据耦合机制,经实践证明,其机制切实可行,并在实际工作中得到了很好的应用。

系统展望:

a 进一步加强本系统与 GPS(全球定位系统)、WAP(Wireless Application Protocol 无线应用协议)技术的结合,在巡线时对故障、灾害进行监控,并记录 GPS 定位、管网运行数据等,将数据直接以无线的方式导入服务器,实现无线观测、临界预警与防灾减灾三位一体安全保障体系;