

三维可视化桥梁健康监测系统的架构设计

谢全宁 雷跃明 (重庆大学软件学院 重庆 400044)

摘要: 本文就大型桥梁的三维可视化远程健康监测系统的软件显示端整体架构的设计与实现展开了讨论, 本系统主要监测桥梁的应变、位移、振动、索力、温度等参数。软件开发中主要涉及到了 ACIS 三维建模引擎, HOOPS 三维渲染引擎, GDI+ 图形绘制接口, ODBC 数据库操作接口, BCGControlBar 界面设计类库等技术, 按照现代软件工程的思想, 设计出一个完整的系统架构, 使以上模块以高内聚, 低耦合的方式相互协调的工作。

关键词: ACIS HOOPS GDI+ 数据库 BCGControlBar 系统架构

1 引言

近年来, 国内外桥梁倒塌和报废的事故时有发生, 人们逐渐认识到桥梁健康监测的重要性和迫切性。桥梁健康监测也逐渐成为近年来国际上的热点研究领域之一。干旱, 暴雨, 以及流水等自然因素的侵蚀, 使桥梁的耐震强度逐渐减弱, 一旦发生台风、地震或水灾等大规模自然灾害时, 桥梁倒塌或断裂的机率很高。故有必要对桥梁实施检测调查, 经诊断评估后做适当的修补、修复加固或监测。随着光电传感技术与计算机软件技术的逐步成熟, 使得对桥梁的远程健康检测和评估成为可能。

2 项目概述

本项目是一个跨越土木工程, 光电传感, 软件工程等领域的综合课题。主要由状态监测系统、健康诊断系统、用户软件显示系统等三个子系统组成。

状态监测系统对主梁、主拱, Y 构、桥墩, 吊索、系杆等关键部位的应变、位移、振动、索力、温度等结构状态参数与环境参数进行监测, 将结果存入监测数据库中。

健康诊断系统则对这大量的监测数据进行分析计算, 完成桥梁的安全评估及预警, 将结果保存在评估数据库中。

用户软件显示系统从数据库中读取监测数据和评估结果, 以最直观的方式将数据显示给用户。本文主要讨论这个子系统的设计与实现。

3 相关技术

在开发过程中, 本系统涉及到的软件技术如下:

(1) ACIS

ACIS 是美国 Spatial Technology 公司推出的三维几何造型引擎, 它集线框、曲面和实体造型于一体, 并允许这三种表示共存于统一的数据结构中, 为各种 3D 造型应用的开发提供了几何造型平台。其核心功能包括 3D 造型、3D 模型管理、3D 模型显示 3 个方面。

(2) HOOPS

HOOPS 3D Application Framework (HOOPS/3dAF) 是由 Tech Soft America 公司开发并由 Spatial 再次销售的三维渲染引擎, 该产品为当今世界上领先的 3D 应用程序提供了核心的图形架构和图形渲染功能, 这些 3D 应用程序涉及 CAD/CAE/CAM、工程、可视化和仿真等领域。HOOPS/3dAF 提供了非常全面的应用程序开发接口 (API) 供用户选用, 也可以根据用户特定需求进行定制。

(3) GDI+

GDI+ 是一个应用程序编程接口, 它是一组 C++ 类, 负责在屏幕和打印机上显示信息。GDI+ 是 Windows 图形设备接口 (GDI) 的继承者, 以面向对象的方式对绘图函数进行了封装, 主要在 Windows 2K/XP/2003 下使用, 它比 GDI 简洁、方便, 绘制出来的图形也更美观。

(4) ODBC

ODBC (Open Database Connectivity, 开放数据库互连) 是微软公司开放服务结构 (WOSA, Windows

OpenServices Architecture) 中有关数据库的一个组成部分,它建立了一组规范,并提供了一组对数据库访问的标准 API(应用程序编程接口)。

(5) BCGControlBar

BCGControlBar 是一个基于 MFC 的扩展库,可以通过完全的用户化操作构成一些类似于 Microsoft Office 2000/XP/2003 和 Microsoft Visual Studio. NET 用户界面的应用程序。

4 系统功能划分

根据用户需求,本系统可划分为桥梁监测数据分析与显示模块、桥梁安全评估分析结果显示模块、日常安全记录检查模块、数据库管理模块等四大模块,各模块又分别包含若干个子功能,详细情况如图 1 所示。各模块按功能简要介绍如下:

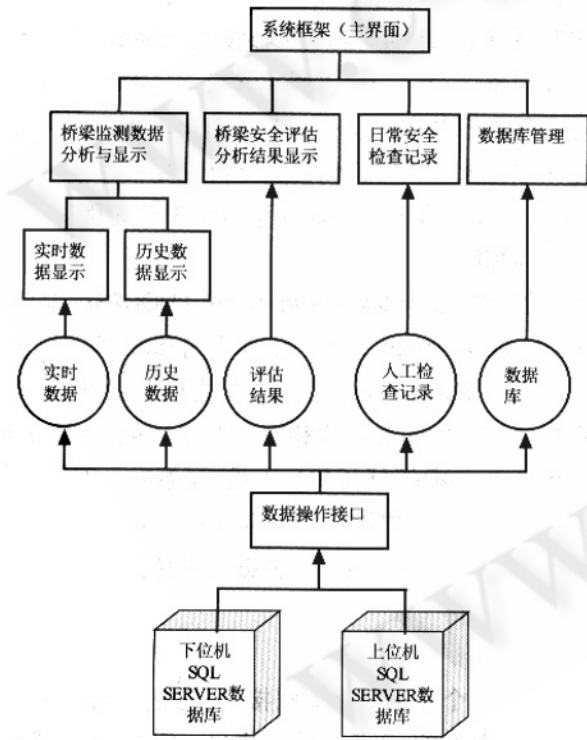


图 1 系统功能模块分布

(1) 桥梁监测数据分析显示。此模块包括两个部分,历史监测数据分析显示与实时数据采集分析显示。历史数据分析显示是将保存的历史监测数据以曲线分析的方式显示出来以供观察,并同时计算出其特征值作为判断桥梁是否健康的参考。实时数据采集分析显

示是传感器数据采集的即时显示,用户据此可以了解传感器的工作状况。

(2) 桥梁安全评估分析结果显示。桥梁安全评估功能是桥梁监测系统的核心部分,它通过对历史数据及其他监测信息的综合分析来判断桥梁是否存在安全隐患,用户根据评估结果分析采取正确应对措施,将隐患在未发生之前解决。这一模块就是将安全分析的结果通过三维模型变形和二维图形分析显示出来。

(3) 日常安全检查记录。日常安全检查记录是将人工检查的记录保存在数据库中以作为分析桥梁运营情况的参考。

(4) 数据库管理。数据库管理模块主要包括数据库的备份与恢复。

5 系统架构设计

5.1 系统架构

在桥梁监测系统中,各模块之间相对独立,但又有密切的数据和信息交流。

本系统以 VC6.0 作为开发平台,桥梁三维模型由三维建模软件生成,存储为 sat 文件,此 sat 文件由 ACIS 读入,通过 HOOPS/ACIS bridge 做转换,最终由 HOOPS 渲染出来。后台数据库采用 MS SQL Server,通过 ODBC(或 ADO)与开发平台相关联。以从数据库中读取的选定传感器的测量值或评估值为参数,使用 GDI+ 来绘制样条曲线和评估结果图样(其中温度和应变的评估结果还可以通过桥梁三维模型的渲染变化来观察),以使用户能够直观的观察监测数据与评估结果。系统层次结构如图 2 所示。

根据需求,可设计出系统中各模块的关系图:

5.2 中介者模式(MEDIATOR)

中介者模式是设计模式的一种,其主要目的是用来解决多个对象之间的交互问题。

各个对象之间的交互操作非常多;每个对象的行为操作都依赖彼此对方,修改一个对象的行为,同时会涉及到修改很多其他对象的行为,如果使用中介者模式,可以使各个对象间的耦合松散,只需关心和中介者的关系,使多对多的关系变成了一对多的关系,可以降低系统的复杂性,提高可修改扩展性,以达到松散耦合的目的。

中介者定义一个接口用于与各同事(Colleague)

对象通信。每一个同事类 (Colleague class) 都知道它的中介者对象, 每一个同事对象在需与其他的同事通信的时候, 与它的中介者通信。同事向一个中介者对象发送和接收请求, 中介者在各同事间适当地转发请求以实现协作行为。

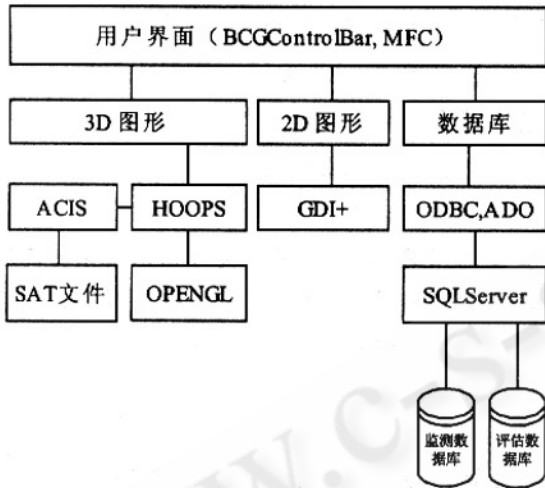


图 2 系统层次结构图

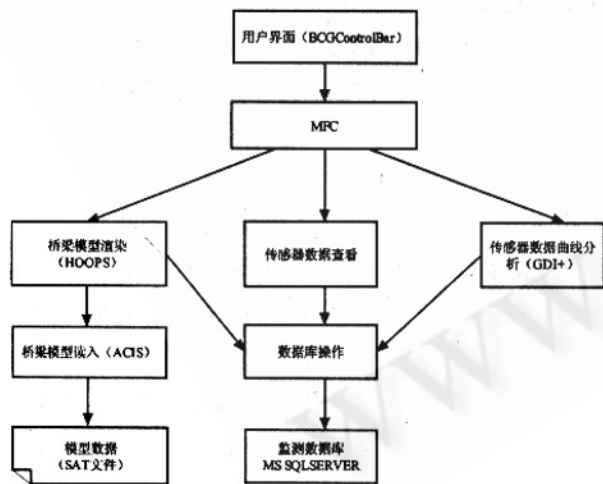


图 3 模块关系图

一般在以下情况适合使用中介者模式:

- (1) 一组对象以定义良好但是以复杂式进行通信, 产生的相互依赖关系结构混乱且难以理解;
- (2) 一个对象引用其他很多对象并且直接与这些对象通信, 导致难以利用该对象;

(3) 定制一个分布在多个类中的行为, 而又不想生成太多的子类。

中介者模式的结构图如图 4 所示。

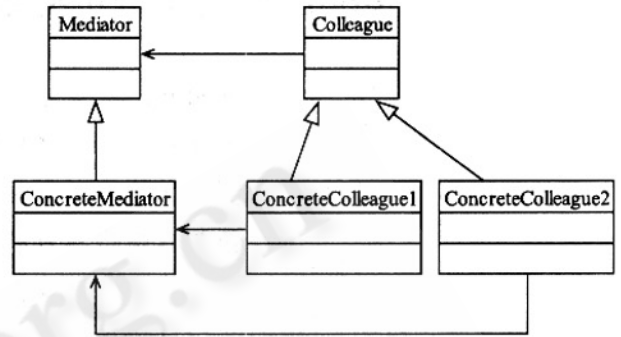


图 4 中介者模式结构图

5.3 系统实现

为了使整个系统达到高内聚、低耦合性, 减少各部分之间的直接依赖, 使系统易于管理和维护, 我们决定应用中中介者模式来设计系统, 于各模块间设置中介者 OPpropFactory, 管理各模块间的数据和信息交流。以中介者模式为基础的系统架构实现图如 5 所示。

这样, 系统的各个子模块之间就没有直接的数据交互, 中介者 OPpropFactory 充当了联系各个子模块的桥梁的角色。当两个子模块需要数据交互时, 发送方模块将数据发送给中介者, 由中介者将数据转发到需要接收数据的模块, 中介者充当了类似于网络通信系统中“服务器”的角色, 各个子模块只需要直接与中介者联系, 就可以使整个系统良好的运行。

6 结束语

以上我们着重分析了桥梁远程健康监测系统用户软件端的体系结构, 提出了一个基于中介者模式的系统架构作为解决方案。该方案已经成功的应用到作者开发的系统“重庆市菜园坝长江大桥远程健康监测系统”中, 收到了较好的效果。本系统引入了桥梁的三维模型, 允许用户直接对三维模型进行操作, 使人机交互更为简洁直观, 同时也扩展了计算机图形学在工程领域中的应用。今后的研究工作主要是完善和改进系统, 开发出支持不同桥梁结构和需求的通用系统。

(下转第 53 页)

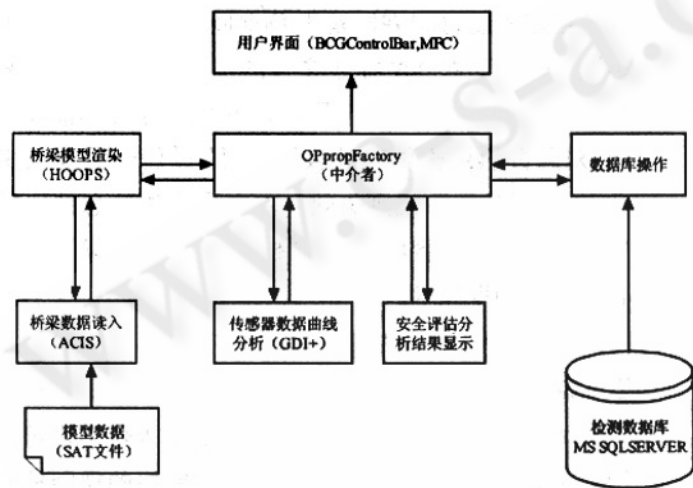


图 5 实现图

参考文献

- 1 Erich Gamma、Rocjard Helm、Ralph Johnson、John Vlissides 设计模式:可复用面向对象软件的基础,北京:机械工业出版社,2000.
- 2 Christine Hofmeister 等,实用软件体系结构,北京:电子工业出版社,2004.
- 3 詹海生、李广鑫、马志欣,基于 acis 的几何造型技术与系统开发,清华大学出版社,2002.
- 4 董洪伟、周儒荣、周来水等,在 ACIS 平台上开发三维软件,计算机辅助工程,2002(4): 53-58.