

基于体系结构模式的软件系统开发方法研究^{*}

张秀国¹ 张英俊² 吴春艳¹

(山东科技大学信息与电气工程学院 济南250031)¹

(大连海事大学航海技术研究所 大连116026)²

摘要 描述了基于体系结构模式的软件系统开发方法的基本流程,设计了该方法支持环境的基本框架,对该方法中涉及的体系结构模式引用方式、模式指导下建立多层软件体系结构模型以及根据体系结构模型和构件库对系统进行组装等问题进行了讨论。最后以数据仓库系统开发例,介绍了该方法在软件系统开发中的实际应用。

关键词 软件体系结构,软件体系结构模式,软件构件

Research on Architecture Pattern Based Method for Developing Software Systems

ZHANG Xiu-Guo¹ ZHANG Ying-Jun² WU Chun-Yan¹

(College of Information and Electrical Engineering, Shandong University of Science & Technology, Jinan 250031)¹

(Institute of Nautical Science & Technology, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026)²

Abstract The basic process of architecture pattern based method for developing software systems is described. The basic architecture of development environment based on this method is designed. Solutions to several related questions which are how to use architecture patterns, how to build multi-layer architecture models under the guidance of patterns and how to compose software system using architecture models and component library are discussed. Finally, the application of this method in developing data warehouse system is presented as a sample.

Keywords Software architecture, Software architecture pattern, Software component

1 引言

随着软件系统规模的逐渐庞大,系统开发的复杂度也随之增加,早期“算法+数据结构”的程序开发模式正在被“构件+体系结构”模式所取代。基于构件和体系结构的软件开发方法被认为是解决软件危机和实现软件系统深层次复用的有效途径之一,已成为软件工程界研究的重点。软件体系结构描述构成系统的各个构件及构件之间的交互,同时描述组成系统的体系结构模式。文[1]中这样定义了软件体系结构模式:它描述软件系统基本的结构组织方案,提供一套预先定义的子系统来定制它们之间的职责,包括用于组织它们之间关系的规则和指南。体系结构模式总结了软件开发中的良好经验,为类似软件系统的设计和实现提供了可以复用的方案计划。目前,对软件体系结构及其模式的各种研究并没有形成统一的标准,基本上都从某个侧面提出了自己的思想或见解。比如,文[1]中列举了许多模式的适用场景,但对于模式的引用方式却没有详细讨论;文[2]中讨论了软件体系结构在整个软件开发生命

周期中所起的作用,但对于如何从需求出发来设计系统的体系结构模型却没有讨论。本文研究基于体系结构模式的软件系统开发方法,重点讨论以下问题:(1)如何对体系结构模式库中的模式进行引用;(2)如何在体系结构模式指导下建立软件体系结构层次模型;(3)如何基于体系结构模型和构件库对系统进行组装。

2 基于体系结构模式的软件系统开发方法

基于体系结构模式的软件系统开发方法是在体系结构模式指导下建立系统体系结构,并选择可重用构件对应用系统进行组装集成的一种软件开发方法,其基本流程见图1。整个开发过程分为四个主要的开发阶段:

① 体系结构建模阶段

首先分析系统需求并设置系统的需求参数,根据需求参数检索体系结构模式库,如果存在近似匹配的体系结构模式,则选用最合适的体系结构模式作为本系统的定制体系结构模板;如果检索不到匹配的体系结构模式,则根据领域需求参数采掘新的

^{*}该课题得到国家863高技术研究发展计划(编号:2003AA113020)资助。张秀国 硕士,讲师,主要研究方向为软件工程环境和数据库等。

领域模式并将其加载至体系结构模式库。

体系结构建模是系统“自顶向下”分层细化的过程。根据体系结构模式的粒度大小将系统体系结构由高到低分为多层。高层体系结构确定系统的总体框架、组成系统的子系统级构件及其之间的交互关

系,中间层体系结构对上层体系结构进行细化,它确定上层构件的子构件以及子构件之间的交互关系,底层体系结构对原子构件(构件功能单位)及其交互关系进行功能设计和编程实现。体系结构分层细化模型见图2。

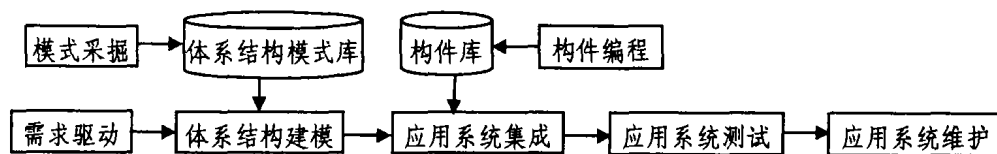


图1 基于体系结构模式的软件系统开发方法基本流程

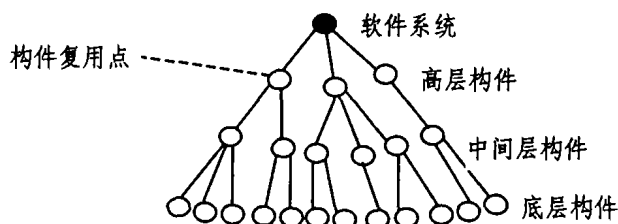


图2 体系结构分层细化模型

从图2可以看出,软件系统的分层细化体系结构呈“倒树型”,其根节点代表整个软件系统,叶子节点代表原子构件,除根节点之外的任何节点都可作为一个构件复用点,层次越高,复用粒度越大。

② 应用系统集成阶段

应用系统集成是系统“自底向上”组装形成的过程。对树型体系结构中的各个节点构件,首先根据构件功能特征属性检索标准构件库,若存在相匹配的功能构件,则将匹配构件“安装”在相应节点上,否则,选用相应的构件编程语言对功能构件进行编程实现,测试后的标准构件加载至构件库。应用系统集成需要在相应组装运行平台上进行。

③ 应用系统测试阶段

应用系统测试是对集成后的应用系统进行测试并发现错误的过程。主要集中在四个测试阶段即单元测试、集成测试、确认测试和系统测试的后三个阶段,对于单元测试,已经在构件入库之前完成。经过测试发现的错误通过构件替换甚至体系结构模型修改进行改正,然后再测试、修改,直至系统运行正常。

④ 应用系统维护阶段

通过测试的应用系统交付使用后进入维护阶段,由最终用户从实际应用角度对系统进行评价。

从上面四个主要的开发阶段来看,体系结构建模阶段是基于体系结构模式的软件开发方法的基础,其中体系结构模式的应用是提高建模质量和效率的关键。基于上面讨论的各个开发阶段,设计了基于体系结构模式的软件系统开发环境框架,并开发了相应的原型系统。

3 基于体系结构模式的软件系统开发环境

基于体系结构模式的软件系统开发环境框架见图3。该环境支持从系统建模到系统集成、测试和运行的整个开发过程,此过程是一个“建模组装+测试修改”的反复迭代的柔性开发过程,共包括四个协同工作的组成部分即体系结构模式库系统、构件库系统、体系结构建模系统和组装测试平台。

3.1 体系结构模式库系统

体系结构模式由下面的八元组来描述:体系结构模式={模式ID,模式名称,语境,问题描述,解决方案,结构描述,应用实例,其它},其中,模式ID代表模式的编号,模式名称代表模式的身份,语境表示模式可以应用的情形,问题描述表示模式可以解决的具体问题,解决方案代表模式的基本解决方案原理,结构描述代表模式结构的详细规格说明,应用实例代表模式已经应用的系统实例,其它表示没有在上面七个属性中列出的备注信息。体系结构模式库系统由体系结构模式库及其管理系统组成,体系结构模式库按照体系结构的描述属性存储了许多领域已经应用成熟的体系结构模式,根据体系结构模型的层级关系建立体系结构模式库,具体分为高层、中间层和底层体系结构模式。体系结构模式库管理系统负责体系结构模式库的创建和体系结构模式的检索、增删改等操作,支持对体系结构模式的采掘、验证、存储以及检索等机制。

高层体系结构模式包括层、管道和过滤器、黑板、代理者、模型-视图-控制器、表示-抽象-控制、微核、映像等模式;中间层体系结构模式包括整体-部分、主控-从属、代理、命令处理器、视图处理程序、转发器-接受器、客户机-分配器-服务器、出版者-订阅者等模式;底层体系结构模式包含构件编程经验模式,具体与特定的构件编程语言有关。

3.2 构件库系统

构件库系统由构件库及其管理系统组成,构件库含有一系列自行研发或购买等渠道获得的可重用

构件,构件库管理系统负责构件库的创建和构件的检索、增删改等操作,支持构件提取、验证、存储以及检索等机制。目前,国内外已经存在一些比较成熟的构件库系统,不同构件库系统之间的资源共享是我们正在研究的课题之一。

3.3 体系结构建模系统

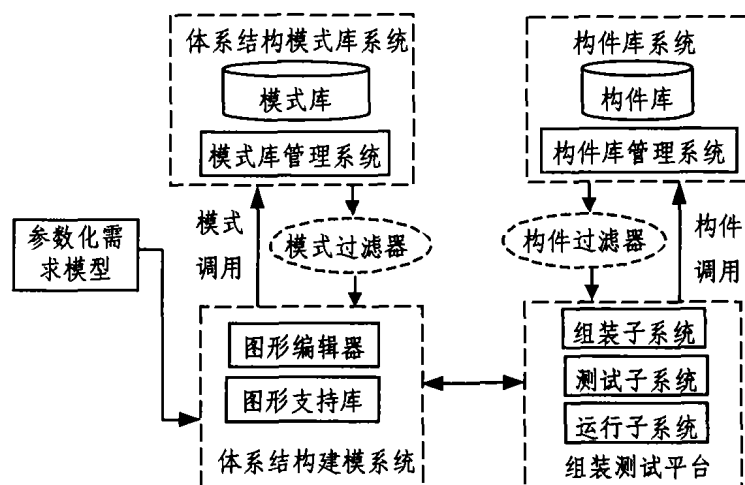


图3 基于体系结构模式的软件系统开发环境框架

体系结构建模系统提供与体系结构模式库系统的接口。系统针对体系结构模式库中的每种模式建立了体系结构模板。首先按照{语境,问题描述}对软件系统需求进行分解并设定为体系结构模式检索参数,通过接口将需求参数传递给模式库管理系统,模式库管理系统负责从体系结构模式库检索匹配的模式,模式库管理系统具有模糊查询功能,通过{语境,问题描述}中的参数之一即可检索出匹配模式。若有多个匹配模式,则需设定更详细的过滤条件如{拟采用解决方案,相关问题模式实例}等通过模式过滤器进行过滤,选择一个最合适的匹配模式,然后在匹配模式模板的基础上建立详细的系统体系结构模型。从高层、中间层到底层的建模过程是一个自顶向下逐层细化的过程,建模过程中支持模型语法正确性检测、语义完备性检测以及模型一致性检测等机制。

3.4 组装测试平台

组装测试平台由组装机系统、测试子系统和运行子系统组成。组装机系统提供与构件库系统的接口,根据体系结构模型确定的高中底层构件模型参数从构件库检索匹配的功能构件,并经构件过滤器选择最合适的功能构件,自底向上逐层对应用系统进行组装集成。测试子系统对集成后的应用系统进行集成测试、确认测试和系统测试,重点测试集成系统的功能性以及系统体系结构与构件、构件与构件之间的协同性,并将测试结果反馈给组装机系统或体系结构建模系统对构件进行替换或对体系结构进行修改。运行子系统对组装测试后的应用系统进行

体系结构建模系统采用可视化图符构建系统的体系结构模型,由图形支持库和图形编辑器组成,图形支持库包含建模系统的基本图元及其调用接口,图形编辑器用于创建和修改图符并提供颜色、字体选择等的支持。

实际运作,从实际运作过程中检验系统的可靠性。

4 基于体系结构模式的软件系统开发方法在实际中的应用

以数据仓库系统为例,介绍基于体系结构模式的软件系统开发方法的实际应用。

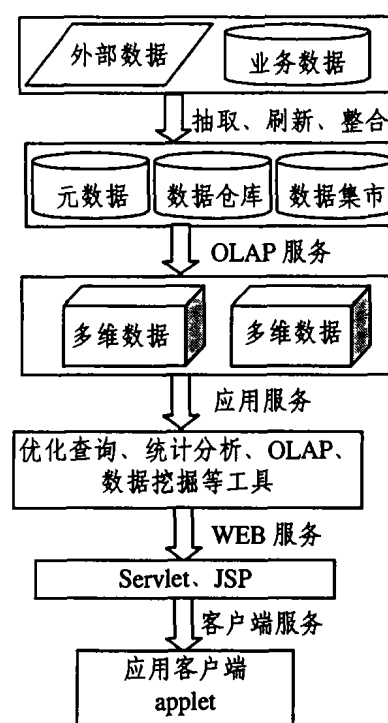


图4 数据仓库系统总体结构

基于 Web 的数据仓库系统的总体结构如图4。

整个业务过程如下:外部数据或业务数据集经过抽取、刷新、整合等手段进入数据仓库和数据集市,通过 OLAP 服务器建立多维数据立方体,在优化查询、统计分析、OLAP 分析和数据挖掘等工具的支持下对多维数据立方体进行操作,产生企业决策数据,通过 Web 服务和客户端服务程序传送至客户端浏览器。

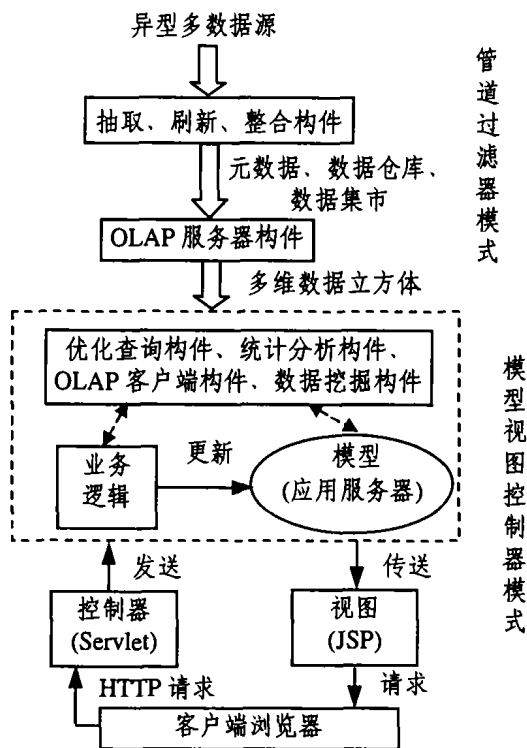


图5 数据仓库系统高层体系结构

数据仓库系统的核心是数据流在整个决策过程中的传输。从业务数据或外部数据到决策数据,其间经历了几个重要的处理阶段:抽取、刷新、整合阶段;多维数据立方体的建立阶段;利用工具进行多维数据分析阶段;客户获取决策数据阶段。其中每个阶段都是对数据进行处理的过程,每个过程都通过数据流进行连接,一个过程的输出是下一个过程的输入。

通过分析,将数据仓库系统的高层需求描述为:语境=[处理数据流的系统],问题描述=[数据处理需要分段,依次为:抽取、刷新、整合阶段;多维数据立方体的建立阶段;多维数据分析阶段;客户获取决策数据阶段;其中每个阶段都是对数据进行处理的过程,每个过程都通过数据流进行连接,一个过程的输出是下一个过程的输入],根据{语境,问题描述}对体系结构模式库进行模糊检索,最合适的匹配模式即为管道-过滤器模式,它主要用于处理数据流的应用系统,在数据仓库系统中每个数据处理过程都看作一个过滤器构件,它消耗和转发处理过程中产生的数据,数据处理过程中产生的数据仓库、多维数据立方体、决策数据等看作数据流动的管道,同时也

可看作可以存储的中间结果。管道-过滤器体系结构模式的优势在于:(1)过滤器构件可以重用或替换;(2)流水线式的数据处理方式提高了效率。

对基于 Web 方式的数据仓库系统来说,决策数据需要通过 Web 服务器和客户端浏览器传送至客户端,这是一个需要灵活人机接口的应用系统,因此采用了模型-视图-控制器(MVC)体系结构模式。其中,模型构件封装了系统的核心功能构件即优化查询构件、统计分析构件、OLAP 客户端构件、数据挖掘构件等,控制器构件以 Servlet 的形式处理客户端浏览器的 HTTP 请求,并将请求翻译成模型或视图的应用服务器请求,视图构件接收应用服务器构件的功能数据并以 JSP 页面的形式响应客户端浏览器请求,用户仅通过控制器与系统交互。模型-视图-控制器体系结构模式的优势在于:(1)将模型与视图和用户接口分离,方便了应用程序的修改和移植;(2)同一模型可有多个显示视图。

应用了管道-过滤器和模型-视图-控制器体系结构模式的数据仓库系统的高层体系结构模型见图 5。

采用类似的方法对中间层和底层体系结构进行建模,比如对抽取、刷新、整合构件进行分解,可采用整体-部分模式针对不同的数据源进行整合,最后统一到数据仓库数据表中。在开发一个复杂的软件系统时,可能需要使用多种软件体系结构模式的组合,具体选择哪些模式需根据具体需求而定。

结束语 基于体系结构模式的软件系统开发方法通过体系结构模式和构件的复用大大提高了软件系统开发的效率和质量。但该方法中涉及的许多问题都有待进一步研究,比如在有多个匹配模式或多个匹配构件的情况下如何对组装后的系统进行模拟优化问题,体系结构模式采掘问题等都是下一步研究的重点。目前,我们正致力于开发基于体系结构模式的软件系统开发环境的原型系统,已经实现了构件库系统和模式库系统的部分内容。希望本文的研究对基于构件和体系结构模式的软件系统实际开发提供一些有用的帮助。

参考文献

- 1 布希曼(Buschmann F),等著.面向模式的软件体系结构 卷1:模式系统.贾可荣,等译.机械工业出版社,2003
- 2 梅宏,陈锋,等. ABC:基于体系结构、面向构件的软件开发方法.软件学报,2003,14(4)
- 3 Froehlich, Hans P. Component-oriented programming languages: Why, what, and how. [ph. D Thesis]. UNIVERSITY OF CALIFORNIA, IRVINE, 2003
- 4 邓苏,等著.数据仓库原理与应用.电子工业出版社,2002,3