

# 面向特征的领域建模方法研究与应用

朱翠丽, 谢益武

(大连海事大学 信息科学技术学院, 辽宁 大连 116026)

**摘要:**为使软件业发展与企业需求保持同步,提高软件开发效率、降低企业开发成本,在领域工程分析方法的基础上,提出了面向特征的领域建模方法。通过对特征模型的识别,抽取特定领域需求的共性与变异性,建立特征模型和特征模型到构件的映射机制,以满足不同企业对业务的共同需求和不同需求,最终在DSSA的基础上实现领域构件的复用。结合库存领域实例,建立库存领域特征模型,提取库存领域构件,实验证明了基于领域构件的系统实现,能提高软件开发效率。

**关键词:**软件复用;特征模型;DSSA;库存管理;构件

**中图分类号:**TP311

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2010)11-0240-06

## Research and Application on Feature-Oriented Domain Modeling Method

ZHU Cui-li, XIE Yi-wu

(College of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

**Abstract:** To make the software industry to keep pace with business needs, improve software development efficiency and reduce development costs, a method of feature-oriented domain modeling based on domain engineering method is presented. The specific areas needs of similarities and variability are extracted through the identification of feature model, and feature model and the mapping mechanism from feature model to the component are established to meet the common needs and different needs of the businesses. And domain component reuse is implemented based on DSSA. Finally, inventory management system is provided as an example to extract the field of component inventory and to demonstrate the feasibility of the model. At last the efficiency of software development is improved.

**Key words:** software reuse; feature model; DSSA; inventory management; component

## 0 引言

随着信息技术的发展,当今企业要想在激烈的竞争中立于不败之地,不仅要引进国内外先进的管理理念和技术,而且还要提高企业自身的业务效率。库存管理是现代化企业管理信息系统(MIS)中不可缺少的一部分,库存管理系统能够帮助企业进行清库核算、提供信息支持和决策支持。据分析物流管理系统与供应链管理系统中涉及的库存系统大同小异,都采用传统的开发方法,并由软件公司根据各个企业项目要求的不同各自开发,这样存在许多不足,如效率低下、成本过高,为开发不同企业的同类信息系统造成一些重复的工作,需要“一切从头开始”,对于企业系统的维护和更新尤其困难,难以满足企业面临动态市场的需求。研究基于J2EE的库存管理系统的可重构性<sup>[1]</sup>,具有重要的现实意义。

在对软件生产的高质量、快速度的呼声下,软件复用倍受关注。实践证明领域工程有助于产生具有较高复用性的软件构件<sup>[2]</sup>。领域工程通过领域中典型系统的分析,识别这些系统共性和变化性,运用选择、抽象等方法建立领域模型,进而产生出特定领域的软件构架DSSA(Domain Specific Software Architecture),并以此为基础识别、开发和组装具有较高复用性的构件<sup>[3]</sup>。领域工程为软件复用即构件的提取提供了有力的技术支持。领域工程覆盖了开发可复用软件构件的所有活动。面向特征的建模方法作为捕获领域需求的重要模型已被领域工程方法所接受。特征模型能有效地识别和归类领域中软件系统的共性和特性,为复用构件的开发奠定了基础。

文中基于J2EE的分布式框架,分析和研究了面向特征的领域建模方法FODM,建立领域模型和DSSA,提取复用构件,将其运用在具体的库存系统中。

## 1 领域工程

领域工程(Domain Engineering)是为了一组相似或相近系统的应用工程建立基本能力和必备基础的过程,

收稿日期:2010-03-17;修回日期:2010-06-25

作者简介:朱翠丽(1984-),女,山东菏泽人,硕士,CCF会员,研究方向为数据库与信息系统;谢益武,硕士生导师,副教授,从事信息系统开发理论、方法、支持工具的研究与科技开发工作。

它覆盖了建立可复用的软件构件的所有活动<sup>[4]</sup>。领域工程是通过领域中典型的系统分析,识别这些系统的共性和可变性特征,然后对其特征进行选择 and 抽象形成领域模型,进而产生领域中应用系统共同具有的体系结构,并以此为基础,识别、开发和组装可复用构件,从而形成新的系统。

领域工程包括三个阶段:领域分析、领域设计和领域实现<sup>[3]</sup>。领域分析阶段的主要目标是获得领域模型。领域模型描述领域中应用系统之间的公共需求,称领域模型所描述的需求为领域需求。在这个阶段中,要确定领域边界、领域应用环境和定义领域词典,明确分析目标等活动;识别信息源即领域分析和整个领域工程过程中的信息的来源,信息源包括技术文献、问题域、已有应用、专家经验和建议、市场分析和客户反馈等。在此基础上分析领域中系统的需求,确定领域系统广泛的共性,从而建立领域模型。领域设计以领域模型为基础,获取特定领域的软件体系结构 DSSA 的过程(又称复用基础设施)。由于领域模型中的领域需求具有一定的变化性,所以特定领域的软件构架也具有可变性。此种变化性需求在领域分析阶段通过可选性、单选性、多选择性等特征表示出来,并对其特征进行扩展。领域实现就是依照领域模型的对象模型去设计构件及体系结构。当开发领域中的新的应用时,则根据新系统的需求规约和 DSSA,选择可复用构件进行组装,从而形成新的应用系统。

## 2 领域特征模型及 FODM

特征的概念起源于哲学中的定义:对世界上客观存在物的系统的描述,即存在论。在计算机领域,本体的概念是在人工智能中定义的,Ontology 定义为:给出构成相关领域词汇的基本术语和关系,以及结合这些术语和关系来定义词汇表外延的规则。在特征模型中,特征充当本体论中本体的角色。

领域特征模型,是设计未来可复用构件的起点。它通过描述领域中稳定的特征及特征间的关系来反应领域软件的规约需求。特征模型与传统需求规约模型不同,特征模型是面向特征的领域需求规约描述,即复用。而传统需求规约模型是对一般应用系统的分析描述。领域工程方法中的特征模型基本上都采用层次-树型的方式来组织特征及特征间关系,各层之间用 WPA(whole-part association)<sup>[5]</sup>关系组织在一起,如图 1 所示。

WPA 关系有两种类型的语义,一是整体特征对部分特征的控制和协调。二是整体特征与部分特征在逻辑上的紧密结合性。其中特征与特征之间是“维度-

值”的关系,是可变的。由 WPA 形成的整体与部分结构使得特征模型具有较好的裁剪性和扩展性。该特征树提供四种特征变化机制:(1)特征可选性,如图 1 中, F23 是 F1 的可选特征, F31 是 F21 的可选特征;(2)特征强制性, F21、F22 是 F1 的强制性特征,即必选性特征;(3)特征互斥性, F31、F32 是 F21 的多选一特征,只能选择其中一种特征;(4)特征自身的变化性即一个特征由于封装了不同的细节而体现出来的不同行为特点的特征,表现出来的多态性,例如图 1 中, F23 可以在 F33、F34 中选择一个或两个进行封装,而表现出不同的行为,这种机制称为“维度-值”机制;特征与特征之间的“维度-值”机制是可变的,它为变化性的隔离、抽象和封装提供了很好的支持,其子特征可以根据具体的情况添加和删除,从而实现了一定的扩展性。

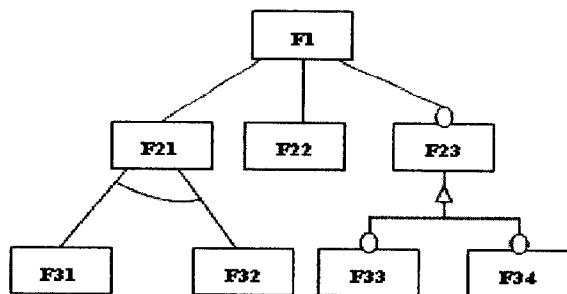


图 1 FODA 的特征树图

变化性绑定时间是领域模型中表现的变化性总要在系统生命周期的某个阶段或者领域工程阶段被确定下来。变化性绑定时间一般包括编译时绑定时间、启动时绑定时间和运行时绑定时间、复用时绑定时间。在实际的领域工程活动中,应该根据客观条件和领域的实际分析,制定响应变化策略。如编译时绑定变化点,通常采用 Facade 模式和抽象类工厂模式对裁剪的构件进行封装实现变化响应。启动时绑定变化点,一般是通过改变业务构件的配置文件信息实现变化响应。

在领域工程中,领域模型描述了领域需求之间的关系,在共性和变化性之间进行区别、抽象和提取。FODM 分为三个步骤,进而产生三种领域模型<sup>[5]</sup>。这三个步骤分别是:1)特征分析:产生特征模型;2)知识分析:产生信息模型;3)操作分析:产生操作模型。在领域的建模的过程中还产生出一个包括广泛内容的领域字典,它既包含了领域中用来描述特征,也包含实体的术语和对实体和特征原文的描述。

特征模型首次在面向特征的领域分析方法 FODA 中被引入领域模型(即,特征模型),面向特征的领域分析方法 FODA<sup>[6]</sup>被公认为是最为实用的领域建模技术, FODA 方法学基于两个建模概念:抽象(abstrac-

tion)和求精(refinement)。抽象是从领域内的典型系统中抽取领域共同特征和可变特征,对刻画这些特征的对象和操作进行选择 and 提取,形成领域模型,领域内的具体应用系统是通过领域模型进行求精而得到的。文献[2]采用 UML 统一建模语言和 FODA 相结合的方法建立网络评审领域的领域模型,在领域工程方法的驱使下,领域模型经过求精,最终得到了网络评审领域具体的网络评审应用系统的实现。

FODA 方法在商业和军队系统开发中已经得到了应用和实践,如 NOR-TEL 的电信领域、军队移动控制领域,但由于缺乏广泛标准和工具支持,阻碍了它被系统开发者的广泛使用。目前由于面向对象分析方法的发展正好可以弥补其缺陷,利用领域边界模型、领域用例模型、特征模型、静态模型(领域对象模型)、动态模型(活动图、状态图、交互图)设计特征模型,最终根据关注点分离原则和正交分析识别出业务构件。

### 3 基于领域模型的组件提取

构件(Components)是指在应用系统中能够被独立部署的功能单元,具有一定的功能和服务,并符合一定的标准,可以通过其接口访问它的服务。可复用构件(Reusable Component)<sup>[3]</sup>即组件是指具有相对独立的功能和有复用价值的构件,根据领域模型到体系结构的映射机制,抽取、识别三种业务构件类型,分别是实体构件、过程构件和抽象构件。

基于领域特征模型体系结构设计问题实际上是一个问题空间到解空间的过渡问题,即特征空间。问题空间中存在的重要元素是特征及特征间的交互,解空间中存在的重要元素是构件及构件之间的交互。研究表明:特征与构件之间的关系是多对多的复杂关系,基于复杂性,采用在特征与构件之间增加一种中间实体的方法来应对这种复杂性,这种中间实体就是责任(Responsibility)。责任就在特征模型与构件之间起到桥梁的作用。领域需求分析中,首先责任可以被实例化为对象,采用面向对象的思想从一组相似应用需求中抽象出对象模型,然

后将特征模型中的特征映射到对象模型的对象中,这样就显示地描述特征与责任之间具体的转化。其次,根据需求分析的结果与功能实现的具体要求,从对象类中抽取具有公共行为的实体组件,从而实现特征模型到组件的映射。

在映射的过程中,组件划分的合理性和组件遵循的规则至关重要,一般来说,组件粒度要适中,组件要提供适当数量的接口供用户使用,组件要满足高内聚低耦合的规则。依据以上规则,建立系统组件库,然后对组件库进行检索、组装成所需的系统。文献[7]提出了一种基于方面的构件模型,同时探讨了构件组装策略,并描述了利用 XML 语言进行组织、编织构件的过程。

### 4 库存领域分析

通过近期实习和项目经理座谈、图书馆查阅资料,并分析国内成熟的库存管理系统、参考库存领域文献资料并与库存领域专家和库存领域客户交流,解读了企业进销存库存管理系统、超市库存管理系统、药品进销存库存管理系统等各类库存管理系统,获得领域知识,从而确定库存领域范围<sup>[8]</sup>、定义领域字典、获取领域存在的服务、识别服务特征的共性和变性及其具有的质量属性等信息,并得到该领域的进销存业务流程图<sup>[1]</sup>,如图2所示。

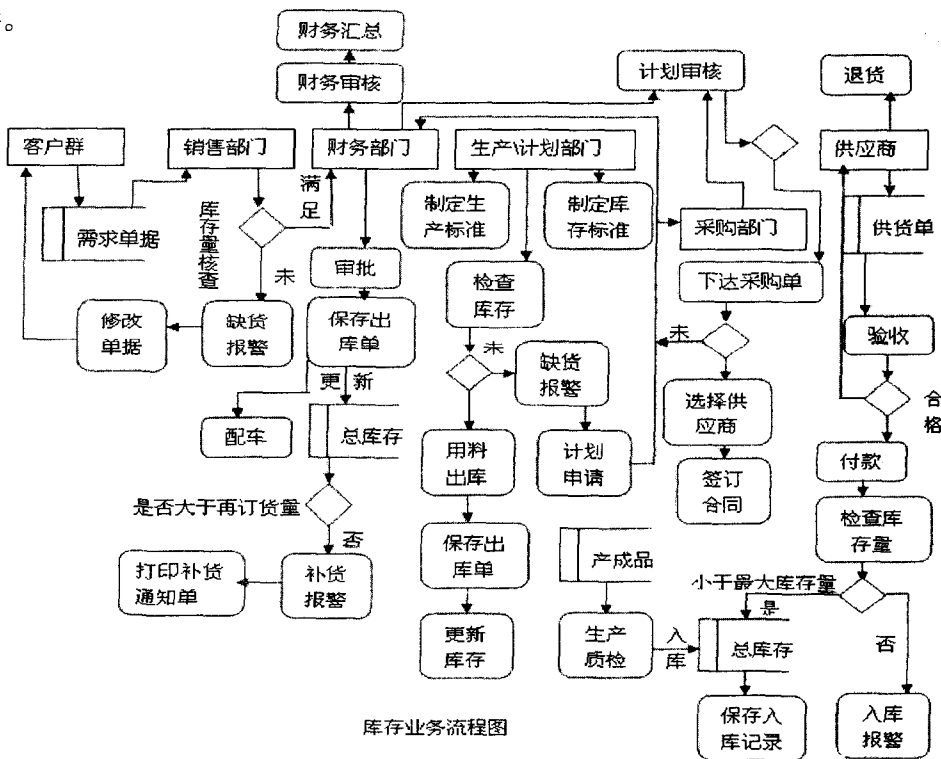


图2 库存业务流程图

各个应用所面向的具体对象有些不同,通常是由

不同的软件设计人员进行设计,导致同一领域中相同功能的模块具有不一致的地方,因此在进行领域模型设计的过程中,必须消除这种冲突,形成同一领域中用户可理解的概念,因此必须建立词典来防止命名冲突、属性冲突和结构冲突,进而帮助企业用户理解使用。

运用面向对象的领域工程方法的研究成果,领域需求分析目标应具有以下功能要求。A. 抽取库存领域共同性特征需求和变化性特征需求及其之间的关系。B. 识别库存领域变化性的需求,根据响应变化点策略,确定变化性特征的类型(强制性特征、可选性特征、多选择性特征)和变化性特征的绑定时间。C. 运用特征标识符标识出库存领域特征。D. 定义领域词典、建立库存领域特征模型和 DSSA。

参照库存业务流程和分析谁要操作系统、谁给系统提供信息等一系列的问题,识别出系统的参与者,包括库存管理员、系统管理员、采购人员、财务人员、生产人员、销售人员、供应商、行政管理人员等角色,最终得到了如图 3 所示的用例图。

通过对库存系统的功能性结构模型分析,从不同库存系统中抽取相似的功能模块,其中具体包括需求计划、采购计划、入库管理、在库管理、库存盘点、库存调拨、出库管理、历史记录、统计查询、系统维护、系统管理等。从提取领域构件的角度,识别出库存储域基本功能:系统设置、基本信息管理、业务操作、统计与报表、信息发布等。领域模型及体系结构<sup>[9]</sup>如图 4 所示。



图 3 库存管理系统用例图

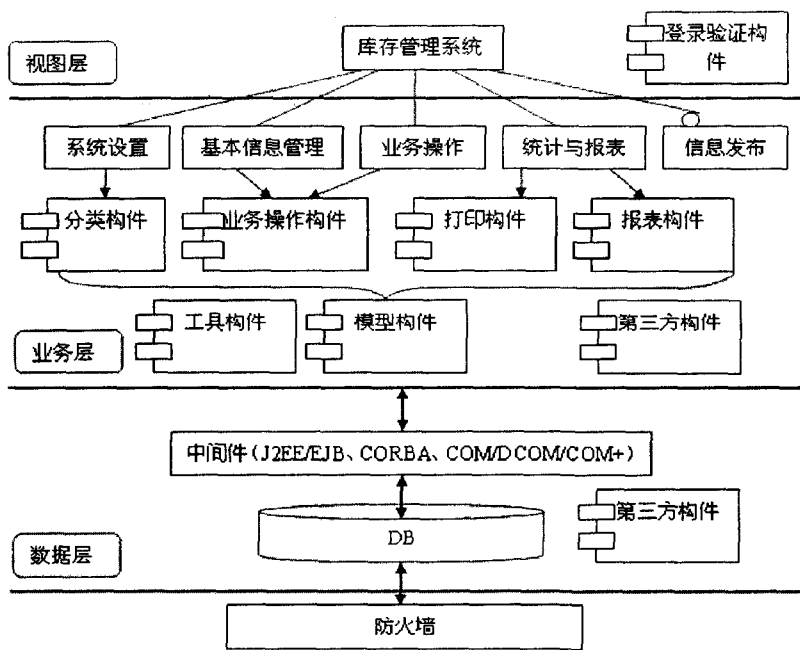


图4 库存管理特征模型及体系结构

系统设置具体包括系统初始化、权限设置、用户管理、系统维护。企业拿到产品后首先要根据本公司的特点进行初始化操作,选择公司要具体管理的物资类型,根据构件所满足不同用户的要求,提取出分类构件。即分类构件是针对不同企业管理的物资类型的不同而设计的。基本信息管理具体包括物料基本信息管理、库位基本信息管理、仓库基本信息管理、部门基本信息管理、供应商信息管理等。而业务操作主要是对基本信息管理的,具体操作包括查询操作、添加操作、保存操作、删除操作、修改操作等。因此从上述两个功能模块中可以抽取业务操作构件,其功能主要实现对基本信息的操作管理。统计与报表具体包括财务成本统计、需求计划统计分析和各种信息报表的生成和预览,主要是输出一些相关的信息报表。物料入库时要输入详细、有效、完整的信息;要求库存管理员输入物料号、进货数量、单价和供应商,系统自动将当前系统的时间更新到数据库,并且自动统计总进货金额。物料出库时要求库存管理员输入物料号、出库数量、单价、供应商,系统会将当前时间自动更新到数据库,统计退货金额并且可以生产报表。第三方构件根据需从开发商购买。工具构件功能包括连接数据库的功能(JDBCConnection)、字符级转换功能(Chinese)、解析SQL语句(Properties)文件的功能。由于篇幅有限,这里只给出系统总体功能中业务操作的详细分析,根据功能分析可以抽取打印构件和报表构件。信息发布主要功能是利用企业决策计划和信息发布平台,通过手机短信、系统平台、邮件发布信息,根据特征模型特

征树中特征的分类可以得出库存管理系统与其是一种“维度-值”的关系,信息发布属于可选特征,不同的公司可以根据公司内部具体的要求进行增添和删除此功能(见表1)。

特征模型和组件的生产都为软件复用服务,而且两者必须针对特定的领域而进行。基于上述得到的领域模型,接下来的工作就是依照领域模型的对象模型去设计组件,同时参照文献[10]。J2EE分布式的结构将库存管理系统的实现分散在多个逻辑层上进行处理,并且各个相应层上的应用组件通过定义接口来实现,这种逻辑上的分割,使得各个层具有模块独立性。根据MVC设计模式的思想,构件的实现有三种方案:1.根据库存领域中业务元素

的不同,对web层jsp文件和接收表单数据的Action-Form子类进行修改,前者通过自定义标签库和动态添加表元素来实现即利用ResultSetMetaData。后者也可以通过动态ActionForm实现。2.在模型层通过接口调用构件。通过配置文件,实现了业务跳转和分离,对构件的提取起重要的作用。3.采用第三方提供的构件。领域对象模型主要是由实体类、控制类、协作类(边界类)来体现。实体类是领域中的核心类,它是从客观世界中的实体对象归纳和抽象出来的,用于长期保存问题域中的数据信息,以及针对数据的相关操作行为。一般情况下,每个实体类对应着数据库中的表,类中属性对应数据库表的字段。库存领域中基本信息与对象模型中的实体类(JavaBean)一一对应,并与数据层的表一一对应。如果多个实体类共用相同的属性和服务,则抽取出一个抽象类。比如超市库存中所管理的商品包括食品类、生活用品类、保健品类、家用电器类等,这些类中共同具体订单编号、父类id号、类别id号、商品id号、名字、价格、数量、生产日期等属性,Setter()和Getter()等服务。在Myeclipse开发平台下,把登录构件、信息发布构件、工具构件、分类构件、打印构件、报表构件、业务构件生成jar包文件。

表1 响应变化点策略表

库存变化点的应用表现	响应变化策略	执行人
周期性盘点/循环性盘点、库房管理/库位管理	编译时绑定变化点	研发人员
是否进行信息发布、是否进行库存预警控制	启动时绑定变化点	系统管理员
变换前端页面风格	运行时绑定变化点	系统客户

为了实现重用采用Struts框架,利用配置文件和

动态 ActionForm,并且将项目中多个 ActionForm 对应转发到一个 Action 类中,在 Action 中调用业务逻辑构件和数据库连接构件。针对不同的企业用户,只要修改视图界面即可避免了修改大量业务代码,实现了软件复用,提高开发效率。其中以分类构件为例,在分类构件中,抽取出一个 Node 节点类,其对应父类属性、孩子属性和相应的服务操作,这样就实现了物资的分类。调用分类构件时,首先导入 sort.jar 包,最终在 Action 类中通过接口调用此类,在管理员首次通过合法的权限输入密码和用户名登录到系统时,要对系统进行初始化操作,即通过窗口界面的下拉列表类型中选择企业管理物资类型,并进入相应的管理界面,成功调用了构件,提高了软件开发效率。

## 5 结束语

文中根据库存领域模型以及特征模型与组件间的映射机制,抽取领域可复用的构件。基于文中提出的思想,对库存领域进行分析和设计,实践证明了在领域分析中采用面向特征的领域建模方法,能有效地捕获领域构件,对基于软件复用的开发提供了有力的技术支持。文中接下来的工作就是在构件库的基础上检索、组装构件,参考文献[11]中给出了构件组合的开发框架。

(上接第 239 页)

输出时,student 表和 score 表的 xh、xm、kehao、keming、chengi 等字段均转换为数据字典中 col\_name 对应的中文字段,成功地解决了数据窗口输出时列标题显示的问题。

## 5 结束语

PB 提取数据方便、快捷,Excel 统计处理功能强大,分类汇总数据简明、准确,统计报表条例清楚,因此应用 PB 与 Excel 结合能快速准确地完成统计表的工作。因为对数据窗口数据的转存都预先在代码中设定好了,在使用时只要附加该函数,不需要另外编写代码,所以该方法是一种解决列标题显示问题的有效方法。

### 参考文献:

- [1] Gamma E, Helm R, Johnson R, et al. Design patterns: Elements of reusable object-oriented software[M]. New York: Addison Wesley, Longman, Inc, 2003.
- [2] 程学先,程传庆,王莉.信息系统基于即插即用型软部件的软件结构模型法[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2003,27(4):544-547.

### 参考文献:

- [1] 陈锋莉.基于组件的库存管理系统的研究及发展[D].西安:西北工业大学,2004.
- [2] 陈永发.领域工程在网络评审系统中的应用研究[D].长沙:中南大学,2008.
- [3] 杨美清,梅宏,李克勤.软件复用与软件构件技术[J].电子学报,1999,27(2):68-75.
- [4] 王千祥,吴琼,李克勤,等.一种面向对象的领域工程方法[J].软件学报,2002,13(10):1977-1984.
- [5] 张伟,梅宏.一种面向特征的领域模型及其建模过程[J].软件学报,2003,14(8):45-56.
- [6] Kang K C, Cohen S G, Hess J A, et al. Feature-oriented domain analysis(FODA) feasibility[R]. Pittsburgh: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1990.
- [7] 谢武平,薛锦云,万松松.基于方面构件模型及其组装与实现[J].计算机技术与发展,2009,19(4):160-162.
- [8] 邹威林,张凤英.领域分析方法及实施过程框架的讨论[J].计算机工程与应用,2003(1):106-108.
- [9] 胡钰舒,罗军,杨宇果.可重用信息系统框架设计[J].计算机工程与设计,2005(1):224-230.
- [10] 焦允,卫红春.基于构件的订单信息管理系统[J].微机发展(现更名:计算机技术与发展),2005,15(4):84-86.
- [11] 王晓燕,刘淑芬,张俊.一种基于领域模型和构件组合的软件开发框架[J].电子学报,2009,37(3):541-543.
- [3] 于波,崔振新.PowerBuilder 中处理 Excel 数据的方法比较[J].中国民航学院学报,2005,23(5):131-133.
- [4] 杨应全.PB 与 Excel 结合在图书馆统计报表中的应用[J].图书馆管理与资源建设,2007,7(7):99-100.
- [5] 杨昭.PowerBuilder 10.0 对象与控件技术详解[M].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [6] EliZabeth M, Hull C, Nicholl P N, et al. Towards a visual approach for component-based software development[J]. Software - Concepts & Tools, 2000, 19(3):154-160.
- [7] 张以银.基于软件体系结构的可复用构件制作和组装[J].软件学报,2001,12(2):78-82.
- [8] 李绪蓉.基于业务构件的快速可重构信息系统研究[J].计算机科学,2003,30(5):88-93.
- [9] 李延春,晏敏.软件构件技术的现状与未来[J].计算机工程与应用,2003,31(2):86-94.
- [10] 梅宏,杨美清. A Component-Based Software Configuration Management Model and Its Supporting System[J]. Comput. Sci. & Technol., 2002, 4(2):65-71.
- [11] Lee M H. Model-based reasoning: a principled approach for software engineering[J]. Software - Concepts & Tools, 2000, 19(4):179-189.
- [12] 曾广周,孙红梅.基于软构件的软件开发方法研究[J].计算机研究与发展,1998,11(3):64-67.